Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
Direktor: Prof. Dr. med. et Dr. med. dent. habil. H. Heuser

Vergleichende Untersuchungen der Wandständigkeit und Härte an Füllungen aus Amalgam und kohäsivem Gold

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps - Universität Marburg

vorgelegt von

Liselotte Thrän, geb. Matz

aus Bratislava (CSR)

Marburg 1968

Kleinoffsetdruck: Görich & Weiershäuser, Marburg

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
Direktor: Prof. Dr. med. et Dr. med. dent. habil. H. Heuser

Vergleichende Untersuchungen der Wandständigkeit und Härte an Füllungen aus Amalgam und kohäsivem Gold

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps - Universität Marburg

vorgelegt von

Liselotte Thrän, geb. Matz

aus Bratislava (CSR)

Marburg 1968

Kleinoffsetdruck: Görich & Weiershäuser, Marburg

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 25. 6. 1968

Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Dekan: Prof. Dr. med. R. Siegert
Referent: Prof. Dr. med. dent. H. Pantke
Correferent: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. H. Heuser

Meiner lieben Mutter

in Dankbarkeit

gewidmet

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41534905_0047

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
A. Einleitung	3
B. Hauptteil	4
I. Das Untersuchungsmaterial	4
1. Die Silberamalgame	4
a. Allgemeines	4
b. "Agestan 68"	5
c. "Standalloy"	5
2. Die kohäsiven Goldfabrikate	5
a. Allgemeines	5
b. "Mat Gold"	6
c. "New G 24"	6
d. "DEGUSSA-Dentalgold"	7
e. "DEGUSSA-Plombiergold"	7
II. Vergleichende Untersuchungen der Wandständigkeit an Füllungen aus Amalgam und kohäsivem Gold	7
1. Überblick über die bisherigen Untersuchungen der Abschlußdichtigkeit von Füllungsmaterialien (Methoden und Ergebnisse)	7
2. Wandständigkeitsuntersuchung mittels der "Blasendruckmethode" nach KNAPPWOST an extrahierten Zähnen	14
a. Untersuchungsmethode	14
aa. Herstellung der Füllungen	14
bb. Der Versuchskörper	16
cc. Versuchsanordnung	19
b. Untersuchungsergebnisse	21
aa. Berechnung der Spaltbreite	21
bb. Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse	21
cc. Auswertung der Ergebnisse	23

Seite

3. Wandständigkeitsuntersuchung mittels der "Blasendruckmethode" nach KNAPP-WOST an Kavitäten in "Dekorit L" 31

a. Versuchskörper und Untersuchungsmethode 31
b. Untersuchungsergebnisse 36

aa. Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse 36
bb. Auswertung der Ergebnisse 38

4. Wandständigkeitsuntersuchung mit Kongorot-Farblösung an extrahierten Zähnen 43

a. Versuchsanordnung 43
b. Versuchsergebnisse und Auswertung 45

5. Diskussion der Untersuchungsergebnisse 47

III. Vergleichende Härteuntersuchung an Füllungen aus Amalgam und kohäsivem Gold 50

1. Die verschiedenen Härtemeßmethoden 50

2. Die Härteuntersuchung mittels der Mikrohärtemeßmethode nach VICKERS 53

a. Untersuchungsmethode 53
b. Untersuchungsergebnisse 55
c. Auswertung und Diskussion der Ergebnisse 57

C. Zusammenfassung 64

D. Literaturverzeichnis 67

A. Einleitung

Seit Beginn der wissenschaftlichen Zahnheilkunde wird die Frage diskutiert, welches der gebräuchlichen Füllungsmaterialien den an ein solches Material zu stellenden Forderungen entspricht bzw. am nächsten kommt. Die Beurteilungen der einzelnen Materialien sind dabei bis heute nicht einheitlich. So stellen BLACK (1908), PORT/EULER (1951), WALKHOFF/HESS (1954) und TAYLOR/STOWELL/MURPHY/WAINWRIGHT (1959), um nur einige zu nennen, die Goldfolie bzw. das kohäsive Gold als das beste aller gebräuchlichen Füllungsmaterialien heraus. Demgegenüber meinen ARMSTRONG/SIMON (1951), FISCHER (1962) und KAKAR/SUBRAMANIAN (1963), daß Amalgamfüllungen nicht hinter Kohäsivgoldfüllungen zurückstehen.

Unsere Aufgabe bestand zunächst darin, durch vergleichende Versuchsreihen einen Beitrag zur Klärung dieser kontroversen Meinungen zu liefern.

Im Hinblick auf die in der letzten Zeit in den Fachzeitschriften geäußerte Ansicht (DRUMM 1962, FREYBERGER 1962, ROST 1963, 1965), die im Zusammenhang mit einem neu herausgekommenen Material von einer "Wiederbelebung der Goldfülltechnik ohne Zement" (DRUMM 1962) sprachen, sollte zusätzlich untersucht werden, ob das seit einigen Jahren käufliche Goldfabrikat "New G 24" und ein von der Firma DEGUSSA entwickeltes, aber noch nicht auf den Markt gebrachtes "Dentalgold" tatsächlich einen entscheidenden Fortschritt in der Füllungstechnik mit sich bringen.

B. Hauptteil

I. Das Untersuchungsmaterial

Vier kohäsive Goldfabrikate und zwei Silberamalgamfabrikate haben wir in vorliegender Arbeit hinsichtlich ihres Anschlusses an die Kavitätenwand und ihrer Härte untersucht.

Für die Amalgamfüllungen verwendeten wir zwei in Deutschland gängige Fabrikate,
"Agestan 68" der FARBENFABRIKEN BAYER AG - Leverkusen und
"Standalloy" der Firma DEGUSSA - Frankfurt am Main.

Für die Herstellung der kohäsiven Goldfüllungen wurden verwendet:
"Mat Gold" der Firma MORGAN, HASTINGS & CO - Philadelphia, ein in den USA häufig benutztes Material,
"New G 24" der Firma BIOLUX INTERNATIONAL - Brüssel,
"DEGUSSA-Dentalgold", das noch nicht in den Handel eingeführt ist, und
"DEGUSSA-Plombiergold". Die beiden letztgenannten Materialien werden von der Firma DEGUSSA - Frankfurt am Main hergestellt

1. Die Silberamalgame

a. Allgemeines

Für die Feilung der Amalgame fordert die AMERICAN DENTAL ASSOCIATION (A.D.A. 1962) in ihrer "Specification No 1",

die 1965 auch vom BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ZAHNÄRZTE anerkannt wurde, folgende Zusammensetzung: der Mindestgehalt an Silber soll 65% betragen; außerdem darf die Legierung maximal 29% Zinn, 6% Kupfer, 2% Zink und 3% Quecksilber enthalten.

b. "Agestan 68" (FARBENFABRIKEN BAYER AG - Leverkusen)

Die Feilung des uns als Pulver vorliegenden Amalgams enthält 68% Silber. Zinn-, Kupfer- und Quecksilbergehalt entsprechen den von der AMERICAN DENTAL ASSOCIATION geforderten Richtlinien. Dosierung und Anmischen erfolgten nach Vorschrift mittels "Nonzincomat" der Firma Dr. WALTER & SCHMITT - Schwäbisch Gmünd.

c. "Standalloy" (Firma DEGUSSA - Frankfurt am Main)

Die Feilung des "Standalloy" hat einen Silbergehalt von 68% und ist zinkfrei. Ihr Zinngehalt genügt ebenso wie der Kupfer- und Quecksilbergehalt den Forderungen der AMERICAN DENTAL ASSOCIATION!

2. Die kohäsiven Goldfabrikate

a. Allgemeines

Alle vier Goldfabrikate bestehen aus 24karätigem Gold. Das chemisch reine Gold hat die Eigenschaft, durch mechanische Bearbeitung in kaltem Zustand schweißbar zu

sein. Diese Eigenschaft, die 1855 von ARTHUR entdeckt wurde, bezeichnet man als Kohäsion. Sie kann durch Verunreinigung des Goldes, z. B. durch verschiedene Gase, Feuchtigkeit und feinste Staubteile, verlorengehen, durch Ausglühen wird die Kohäsionsfähigkeit wieder zurückgewonnen.

b. "Mat Gold" (Firma MORGAN, HASTINGS & CO - Philadelphia, USA)

Dieses Material ist ein Kristallgold, das vor Gebrauch ausgeglüht werden soll. Es wird in Streifen verschiedener Breite geliefert, die auf die passende Größe zurechtgeschnitten werden müssen.

c. "New G 24" (Firma BIOLUX INTERNATIONAL - Brüssel, Belgien)

Das "New G 24" ist ein Kristallgold. Da ein Ausglühen vor dem Gebrauch von der Herstellerfirma nicht ausdrücklich verlangt wird, nehmen wir an, daß dieses Material in kohäsivem Zustand angeliefert wird. Das Gold liegt in Form von Körnchen vor - zum Teil mit glänzender und zerklüfteter, zum Teil mit matter und glatter Oberfläche. Durch eine mitgelieferte Kolloidflüssigkeit soll eine leichtere Verarbeitung und eine bessere Kondensation bewirkt werden. Die Firma BIOLUX INTERNATIONAL schreibt vor, den Goldstopfer vor Aufnahme der Goldkörnchen mit dieser Flüssigkeit anzufeuchten. Ihre Zusammensetzung ist nicht bekannt, sie soll aber laut Herstellerfirma ein

sogenanntes Antikariesmittel enthalten.

d. "DEGUSSA-Dentalgold" (Firma DEGUSSA - Frankfurt am Main)

Dieses Material liegt in Form von Körnchen verschiedener Größe vor, die alle eine samtartig matte Oberfläche haben. Das "DEGUSSA-Dentalgold" ist noch nicht in den Handel eingeführt; nach Angaben der Herstellerfirma handelt es sich um ein chemisch gefälltes Produkt. Die Verarbeitung erfolgte nach Rücksprache mit der Firma DEGUSSA; Ausglühen ist erforderlich.

e. "DEGUSSA-Plombiergold" (Firma DEGUSSA - Frankfurt am Main)

Bei dem "DEGUSSA-Plombiergold" handelt es sich um Gold-Pellets in Form von kleinen Zylindern, die aus aufgerollten Goldfolien von 0,0005 mm Stärke bestehen. Sie werden in nonkohäsivem Zustand angeliefert und müssen vor Gebrauch ausgeglüht werden.

II. Vergleichende Untersuchungen der Wandständigkeit an Füllungen aus Amalgam und kohäsivem Gold

1. Überblick über die bisherigen Untersuchungen der Abschlußdichtigkeit von Füllungsmaterialien (Methoden und Ergebnisse)

Zur Überprüfung der "Abschlußdichtigkeit" (HESS 1949) von Füllungsmaterialien sind bereits eine Anzahl von Untersuchungsmethoden angewandt und beschrieben worden.

Kennzeichnend ist dabei, daß sich die Ergebnisse für ein und dasselbe Material sehr oft unterscheiden - oft auch beim gleichen Untersuchungsverfahren. Um die für unseren Materialvergleich zweckmäßigste Untersuchungsmethode zu finden, haben wir uns zunächst mit den schon vorliegenden Methoden auseinandergesetzt:

(1) Oberflächenmikroskopische Untersuchungen über den Randschluß von Füllungen wurden von HEUSER (1948, 1949) durchgeführt. Mit dieser Methode läßt sich das gesamte Randschlußgebiet an der Oberfläche einwandfrei überprüfen. Nach HESS (1949) aber "spielt für einen hermetischen Abschluß der Füllungsmaterialien weniger der Randschluß eine Rolle als das hermetische Abschließen des Füllungsmaterials im ganzen, also mit den Wänden der Kavität", d. h. der Begriff der "Abschlußdichtigkeit" beinhaltet sowohl die Rand- als auch die Wandständigkeit eines Füllungskörpers. Aus diesem Grund haben die weitaus meisten Autoren auch die Wandständigkeit der gesamten Füllung untersucht. Das Prinzip dieser Untersuchungsmethoden besteht darin, daß eine geeignete Prüfsubstanz an den Füllungsrand gebracht, hier eindringt und nachgewiesen wird. Als Prüfsubstanzen wurden dabei verwendet: Farblösungen, Bakterien, radioaktive Isotopen und Druckluft.

(2) F a r b l ö s u n g e n hatten schon früh für Wandständigkeitsuntersuchungen eine große Bedeutung. Dabei wurden im Laufe der Jahre immer neue Farbstoffe erprobt, das Untersuchungsprinzip blieb das gleiche. Auf der Suche

nach dem optimalen Farbstoff brachte RÜHLE (1922) die Größe der Farbpartikel in die Diskussion. Er wies darauf hin, daß sich kolloidal gelöste Farbstoffe für Spaltuntersuchungen eher eignen als molekular disperse. Er bestätigte auch die Ergebnisse von WITZEL, der schon 1902 eine Eosindurchlässigkeit zwischen Kavitätenwand und Füllungskörper sowohl für Amalgam- als auch für Goldfüllungen festgestellt hatte. Aufgrund seiner Untersuchungen verwies RÜHLE (1922) zwar auf Kongorubin und Kongorot als geeignete Farbstoffe, legte aber keine ausreichende Untersuchung mit diesen Prüfsubstanzen vor.

FISCHER (1949) und HESS (1949) untersuchten die gebräuchlichsten Füllungsmaterialien, unter anderem auch kohäsives Blattgold, und kamen zu dem Ergebnis, daß alle Materialien Farbstoffe zwischen Kavitätenwand und Füllungskörper hindurchließen, d. h. "es kann deshalb für die verschiedenen Füllungsmaterialien, selbst bei richtiger Kavitätenpräparation und Fülltechnik von einem hermetischen Abschluß nicht gesprochen werden" (FISCHER 1949).

Im Gegensatz zu diesen Untersuchungen, die eine Farbstoffdurchlässigkeit zwischen Kavitätenbegrenzung und Füllungskörper bei allen Füllungsmaterialien erbracht hatten, gelangten KAKAR/SUBRAMANIAN (1963) zu einem differenzierteren Ergebnis: Bei vorschriftsmäßig kondensierten Amalgamfüllungen war der Randschluß gegenüber 2%iger alkoholischer Anilinblau-Lösung dicht, bei Goldfolienfüllungen drang derselbe Farbstoff zwischen Kavität und Füllung ein.

(3) In neuster Zeit benutzten SELTZER (1955) und MORTENSEN/BOUCHER/RYGE (1965) als Testsubstanz B a k t e r i e n (Bacillus globigii, Serratia marcescens), die dadurch, daß sie Farbstoff produzieren, sichtbar werden. Solange Amalgamfüllungen keinen Temperaturschwankungen ausgesetzt wurden, vermochten die Bakterien überhaupt nicht (SELTZER 1955) bzw. nur vereinzelt (MORTENSEN/BOUCHER/RYGE 1965) den Füllungsrand zu durchdringen. Füllungen aus kohäsivem Gold wurden nicht untersucht.

(4) R a d i o a k t i v e I s o t o p e n , gleichgültig ob sie als Ca^{45} (ARMSTRONG/SIMON 1951, CRAWFORD/LARSON 1956, HAMPEL 1959, MENEGALE/SWARTZ/PHILLIPS 1960, PHILLIPS/GILMORE/SWARTZ/SCHENKER 1961), als im Fruktosemolekül enthaltenes C^{14} (CANTWELL, J. C./CANTWELL, K. R./CLAYCOMB/GRATEWOOD 1959) oder als J^{131}, das an menschliches Eiweiß gebunden war (DUTE/GOING/MASSLER 1958, WAINWRIGHT/STOWELL/TAYLOR 1959), Verwendung fanden, drangen stets, wenn auch in verschiedenem Maß, zwischen Füllungskörper und Kavitätenwand ein. Auch bei dieser Methode unterscheiden sich die bis jetzt vorliegenden Ergebnisse beträchtlich.

ARMSTRONG/SIMON (1951) erhielten die besten Resultate für Amalgamfüllungen, Goldfolien ließen das Ca^{45} nicht nur in viel stärkerem Maße zwischen Kavitätenbegrenzung und Füllungskörper eindringen, sondern sogar in den Füllungskörper selbst.

Auch TAYLOR/STOWELL/MURPHY/WAINWRIGHT (1959) konnten bei Goldfolienfüllungen innerhalb des Füllungsmaterials die Testsubstanz nachweisen, erstaunlicherweise drang dabei an der Grenzfläche nur vereinzelt radioaktive Substanz ein; für Amalgamfüllungen stellten dieselben Autoren zwar eine größere Randdurchlässigkeit fest, das Füllungsmaterial selbst ließ aber keine Prüfsubstanz passieren.

MENEGALE/SWARTZ/PHILLIPS (1960) fanden ebenfalls, daß Goldfolien hinsichtlich ihrer Wandständigkeit den Amalgamen überlegen waren. Füllungen aus kristallinem Mat-Gold erbrachten die absolut schlechtesten Ergebnisse.

Zusammenfassend kann gesagt werden:

Die unter (2), (3) und (4) beschriebenen Methoden haben den großen Vorteil, daß sie optisch eindrucksvoll wiedergeben, ob eine Spaltbildung vorliegt oder nicht. Da sie aber keine exakten quantitativen Differenzierungen erlauben, können sie bei einem Materialvergleich nur größere Unterschiede aufzeigen [1].

---

1) In jüngster Zeit und nachdem wir unsere Untersuchungen schon durchgeführt hatten, haben SCHAUMLÖFFEL/PANTKE/GRAUL (1967) eine Methode vorgestellt, durch die man die zwischen Füllungskörper und Kavitätenbegrenzung eingedrungene radioaktive Substanz quantitativ erfassen könnte; und zwar wurde ^{32}P-Aktivität mit Hilfe der CERENKOV-Strahlung bestimmt.

Bei der Farblösungsprüfmethode haben zwar KAKAR/SUBRAMANIAN (1963) vorgeschlagen, beim Eindringen von Farblösungen die Eindringungstiefe in mehrere optisch bestimmbare Grade einzuteilen; ob die vorgeschlagene Abstufung für unseren Materialvergleich ausreicht, sollte in zusätzlichen Versuchen ermittelt werden.

(5) Im Gegensatz zu diesen aufgeführten Methoden lassen sich mit der von KNAPPWOST (1951) beschriebenen "Blasendruckmethode" bei geringem experimentellen Aufwand absolute M e ß z a h l e n für Spaltbreiten zwischen Füllungskörper und Kavität ermitteln.

Bei dieser Methode wird unter Wasser D r u c k l u f t zwischen Füllung und Kavitätenbegrenzung gepreßt, bis bei einem bestimmten Mindestdruck, dem sogen. Blasenabreißdruck, sich eine Luftblase am Füllungsrand löst. Aus dem meßbaren Blasenabreißdruck läßt sich die Größe der Spaltbreite errechnen (siehe weiter unten). Des Prinzips dieser Methode bedienten sich bereits in den dreißiger Jahren LE ROY (1933) und HOLLENBACK (1937), allerdings ohne die Spaltbreite zu berechnen. Beide Autoren stimmten aufgrund ihrer Versuchsergebnisse darin überein, daß "die Goldfolie als endgültiges Füllungsmaterial nach wie vor das Material der Wahl" (HOLLENBACK 1937) sei.

Für die rechnerische Ermittlung der zwischen Füllungskörper und Kavitätenbegrenzung vorhandenen Spaltbreite d in Abhängigkeit von Blasenabreißdruck p_B fand KNAPP-WOST (1951) folgende Formel:

$d = \frac{2\sigma}{p_B}$. Dabei bedeutet: σ = Oberflächenspannung des Wassers.

Inzwischen hat diese Untersuchungsmethode in der zahnärztlichen Materialforschung weitere Verbreitung gefunden (JANKE 1952, BORNEMANN 1955, HAGEDORN 1955, PERLICK 1959, MERK 1961 u.a.). Auch für unser Untersuchungsvorhaben schien uns die Blasendruckmethode wegen der oben beschriebenen Vorteile am geeignetsten. Wenn es sich bei ihr auch um eine "unphysiologische Methode" (TRAIL/SAUSEN 1962) handelt, so fällt diese Tatsache im Rahmen der Zielsetzung unseres werkstoffkundlichen Vergleichs nicht so stark ins Gewicht. Als Ergänzung haben wir mit der eher den physiologischen Vorgängen entsprechenden Farblösungsmethode eine weitere Versuchsreihe durchgeführt, mit dem Ziel, eine breitere Vergleichsbasis zu erhalten.

Betrachtet man die bis jetzt vorliegenden Ergebnisse von Wandständigkeitsuntersuchungen bei verschiedenen Füllungsmaterialien, so kann zusammenfassend gesagt werden, daß die Ergebnisse widersprüchlich sind. Diese Aussage bedarf allerdings noch einer Erläuterung: Es fällt auf, daß die Untersuchungen, die die Amalgame an die Spitze setzen, erst in jüngerer Zeit durchgeführt wurden (ARMSTRONG/SIMON 1951, KAKAR/SUBRAMANIAN 1963).

2. Wandständigkeitsuntersuchung mittels der "Blasendruck-methode" nach KNAPPWOST an extrahierten Zähnen

a. Untersuchungsmethode

aa. Herstellung der Füllungen

Mit den zuvor beschriebenen Füllungsmaterialien wurden jeweils fünf Kavitäten der Klasse I nach BLACK (okklusale Kavitäten) abgefüllt. Die Kavitäten haben wir in karies- und füllungsfreie obere und untere Prämolaren, die in physiologischer Kochsalzlösung aufbewahrt worden waren, präpariert. Wir achteten darauf, daß die gesamten Fissuren der Prämolaren aufgezogen, die Kavitäten kastenförmig gestaltet und die Kavitätenwände mit einem walzenförmigen Finierer intensiv geglättet wurden.
Die Kavitätenränder der für die Goldstopffüllungen bestimmten Zähne haben wir zusätzlich abgeschrägt. Die Kavitätentiefe betrug ca. 2 mm. Die Goldzylinder bzw. -körnchen des "Mat Gold", des "DEGUSSA-Dentalgold" und des "DEGUSSA-Plombiergold" wurden zunächst über einer Spiritusflamme ausgeglüht und dann mit Hilfe eines gerieften Handstopfers in die Kavität eingebracht; das "New G 24" haben wir ohne vorbereitendes Ausglühen verarbeitet. Alle Goldmaterialien wurden mit gleich großem Druck verdichtet, wozu wir einen Handhammer "Nr. 155" Modell ABBOTT der Firma ANTAEOS - München benutzten; die Schlagfeder "mittel" war dabei auf den

stärksten Schlag eingestellt; es wurden die Stopferspitzen "3", "4" und "5" für geraden Rückschlag verwendet.

Bei den Goldfüllungen haben wir darauf geachtet, daß sie mit einem geringen Überschuß hergestellt wurden, den wir anschließend mit feinen Steinchen entfernten. Die Füllung haben wir nacheinander mit kugelförmigen Finierern, Schlagpolierern und Kugelpolierern behandelt, bis der Übergang vom Füllungskörper zum Schmelz mit einer Sondenspitze nicht mehr tastbar war; poliert wurde bei geringer Tourenzahl.

Bei den Amalgamfüllungen gingen wir wie folgt vor:

Die nach Vorschrift angemengten Amalgame wurden mit Hilfe einer Amalgampistole in kleinen Portionen in die okklusalen Kavitäten eingebracht. Dort haben wir jede Portion mit einem am Ende abgeflachten Stopfinstrument von 1 mm Durchmesser durch Handdruck kondensiert. Um auch hier einen gleich großen Stopfdruck zu gewährleisten, wurden die mit den Wurzeln in "Stents" fixierten Zähne während des Stopfvorganges auf eine Küchenwaage gestellt (Methode nach PERLICK 1959) und darauf geachtet, daß der Stopfdruck 500 p betrug (ILG, zit. nach OBST 1953). Nach Entfernung des Überschusses haben wir die Oberfläche der Amalgamfüllungen mit einem in Alkohol

getränkten Wattebausch geglättet und gleichzeitig intensiv an den Kavitätenrand adaptiert. Erst nach Ablauf von wenigstens 24 Stunden wurden die Amalgamfüllungen mit Finierern, Schlag- und Kugelpolierern bearbeitet, bis auch hier der Übergang vom Füllungskörper zum Schmelz mit einer Sonde nicht mehr tastbar war.

bb. Der Versuchskörper

Bereits BORNEMANN (1955) und PERLICK (1959) hatten die Größe von Kapillarspaltbildungen zwischen Füllungskörper und Kavität an extrahierten Zähnen mittels der Blasendruckmethode nach KNAPPWOST (1951) bestimmt. Allerdings hatten beide Autoren, wie Abb. 1 zeigt, die Druckluft von retrograd durch einen aufbereiteten Wurzelkanal (aW) und einer vor dem Abfüllen hergestellten Bohrung (Bo), die eine Verbindung zwischen Kavität und Pulpenkavum herstellte, gepreßt, so daß die Druckluft erst zwischen Kavitätenboden und Füllungsmaterial eindringen mußte. Diese Methode ist aber u. E. nur dann zur Wandständigkeitsuntersuchung brauchbar, wenn die kapillare Spaltbildung zwischen Füllungskörper (Fü) und Kavitätenboden größer oder gleich der zwischen Füllung und Kavitätenwand ist. Ist aber der Anschluß des Füllungsmaterials am Kavitätenboden inniger als an der -wand, können aus den gemessenen Werten keine

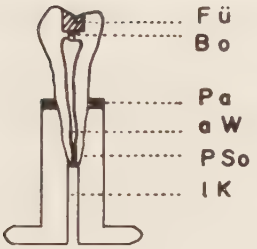


Abb. 1

Versuchskörper nach BORNEMANN und PERLICK

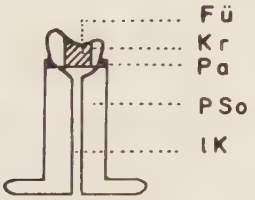


Abb. 2

Abgewandelter Versuchskörper

aW: aufbereiteter Wurzelkanal
Bo: Bohrung
Fü: Füllung
Kr: abgetrennter Kronenteil
lK: luftzuführender Kanal
Pa: PALADUR - Fixierung
PSo: PALADON - Sockel

Rückschlüsse auf die Wandständigkeit gezogen werden. Da wir in unserer Untersuchung nur die Größe evtl. auftretender Kapillarspalten zwischen Füllungskörpern und Kavitätenwand bestimmen wollten, haben wir die von BORNEMANN (1955) und PERLICK (1959) beschriebene Versuchsanordnung wie folgt abgeändert (vgl. Abb. 2):

Um den Füllungsboden freizulegen, wurden die abgefüllten Zähne im Bereich des Kavitätenbodens senkrecht zur Zahnachse mit einer Nylonscheibe durchtrennt. Lag der Füllungsboden nach dem Durchtrennen nicht bloß, haben wir ihn nachträglich freigelegt. Anschließend wurde jeder Kronenteil (Kr) in einem durchbohrten PALADON-Sockel (PSo) mit PALADUR (Pa) fixiert. Bei diesen Arbeitsvorgängen haben wir sorgfältig darauf geachtet, daß beim Abtrennen der Zahnkronen der Füllungsboden nicht verletzt wurde und beim Fixieren der Kronenteile die Füllungsränder nicht mit dem flüssigen PALADUR (Pa) in Berührung kamen. Um ein Eindringen des PALADURs (Pa) in den Kanal (lK) zu verhindern, wurde der in den Kunststoffsockel gebohrte Kanal (lK) während des Befestigens der Kronenteile durch einen watteumwickelten Fissurenbohrer verschlossen. Die Druckluft konnte bei unserer Versuchsanordnung d i r e k t zwischen Füllungskörper und Kavitätenwand gepreßt werden.

cc. Versuchsanordnung

Zur Ermittlung des Blasenabreißdrucks haben wir einen Blutdruckmesser nach RIVA-ROCCI benutzt, der einen Meßbereich von 1 bis 300 mm Hg aufwies. Die Zuführung zum Gummiball (Gb) wurde, wie Abb. 3 zeigt, durch ein T-förmiges Rohr (T-fR) unterbrochen. Die eine Abzweigung wurde mit dem Manometer (Ma) verbunden, die andere mit der von JANKE (1952) konstruierten luftabdichtenden Haltevorrichtung (Ha), an die wir den Versuchskörper (Vk) angeschlossen hatten. Die mit dem Gummiball (Gb) erzeugte Druckluft konnte also nur durch einen evtl. vorhandenen Spalt zwischen Füllung (Fü) und Kavitätenwand nach außen entweichen. Den in die Haltevorrichtung (Ha) eingespannten Versuchskörper (Vk) haben wir in Wasser von 18° C getaucht (nach KNAPPWOST 1951). Um zu verhindern, daß vorzeitig Wasser in den kapillaren Spalt eindrang, was zu fehlerhaften Ergebnissen geführt hätte, haben wir vor dem Eintauchen des Versuchskörpers (Vk) einen geringen Überdruck erzeugt (nach KNAPPWOST 1951). Anschließend wurde der Luftdruck innerhalb des Leitungssystems so lange gesteigert, bis die erste Luftblase vom Füllungsrand abriß.

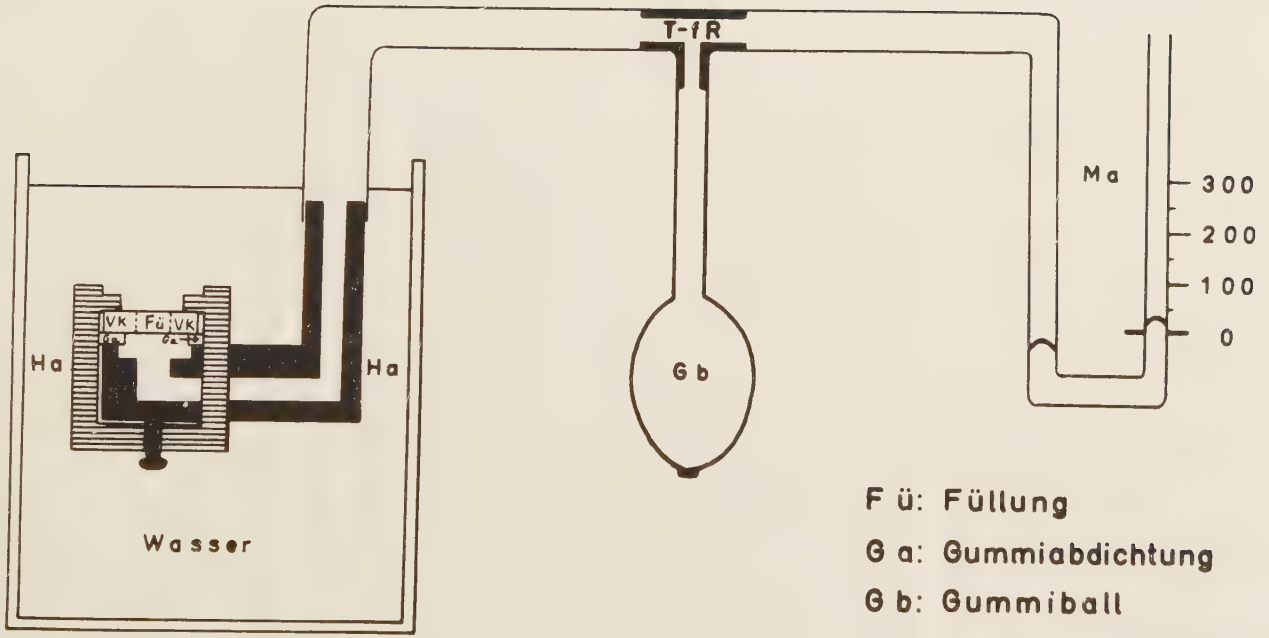


Abb. 3

Blasendruckmethode

(schematische Darstellung in Anlehnung an HAGEDORN)

F ü: Füllung

G a: Gummiabdichtung

G b: Gummiball

H a: Haltevorrichtung nach JANKE

M a: Manometer

Vk: Versuchskörper

T-fR: T-förmiges Rohr

b. Untersuchungsergebnisse

aa. Berechnung der Spaltbreite

Aus den in mm-Hg-Säule gemessenen Blasenabreißdruckwerten (p_B) wurden die Spaltbreiten (d) nach der bei JANKE (1952) angegebenen Formel $d = \frac{1094,1}{p_B}$ in μ errechnet. Dabei haben wir zunächst zu jedem Füllungsmaterial fünf Versuche durchgeführt, um zu klären, ob sich auf dem von uns vorgesehenen und vorne beschriebenen Weg (vgl. S. 18) brauchbare Ergebnisse ermitteln lassen.

bb. Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse

In nachfolgender Übersicht (Tabelle I) werden sämtliche gemessenen Blasenabreißdruckwerte (p_B) und die daraus errechneten Spaltbreiten (d) wiedergegeben:

Versuchs-körper	Füllungsmaterial	Blasenabreiß-druck p_B [mm Hg]	Spaltbreite d[µ]
1		270	4,1
2		150	7,3
3	"Agestan 68"	290	3,8
4		240	4,6
5		110	9,9
1		300	3,6
2		80	13,7
3	"Standalloy"	120	9,1
4		160	6,8
5		280	3,9
1		80	13,7
2		55	19,9
3	"Mat Gold"	200	5,5
4		120	9,1
5		160	6,8
1		100	10,9
2		170	6,3
3	"New G 24"	65	16,8
4		220	5,0
5		90	12,2
1		70	15,6
2		220	5,0
3	"DEGUSSA-Dentalgold"	150	7,3
4		260	4,2
5		95	11,5
1		45	24,3
2		40	27,4
3	"DEGUSSA-Plombiergold"	55	19,9
4		25	43,8
5		60	18,2

Tabelle I

Zusammenstellung der gemessenen Blasenabreißdruckwerte und der daraus errechneten Spaltbreiten aus der 1. Versuchsreihe

cc. Auswertung der Ergebnisse

Betrachtet man die in Tabelle I wiedergegebenen Blasenabreißdruck- bzw. Spaltbreitenwerte, so fällt auf, daß die Einzelergebnisse für ein und dasselbe Füllungsmaterial so stark voneinander abweichen, daß eine die Wandständigkeit betreffende qualitative Einordnung der einzelnen Materialien aufgrund der ermittelten Einzelwerte nicht möglich ist. Deshalb haben wir für jedes Material den mittleren Blasenabreißdruck ($\bar{p}_B$) bzw. die mittlere Spaltbreite ($\bar{d}$)[1] berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle II zusammengestellt.

Füllungsmaterial	mittlerer Blasenabreißdruck $\bar{p}_B$ [mm Hg]	mittl. Spaltbreite $\bar{d}$ [µ] [1]
"Agestan 68"	212,0	5,2
"Standalloy"	188,0	5,8
"Mat-Gold"	123,0	8,9
"New G 24"	129,0	8,5
"DEGUSSA-Dentalgold"	159,0	6,9
"DEGUSSA-Plombiergold"	45,0	24,3

Tabelle II

Zusammenstellung der mittleren Blasenabreißdruckwerte und der mittleren Spaltbreiten aus der 1. Versuchsreihe.

---

1) Die mittlere Spaltbreite ($\bar{d}$) wurde aus dem mittleren Blasenabreißdruck ($\bar{p}_B$) berechnet, nicht aus den Spaltbreiten-Einzelwerten (d).

Aus Tabelle II geht hervor, daß bei beiden Amalgamfabrikaten die mittlere Spaltbreite am geringsten war. Größere Spaltbildungen entstanden bei allen Goldmaterialien, wobei das "DEGUSSA-Dentalgold" die besten Resultate aufwies, die mit Abstand größte mittlere Spaltbreite trat bei Füllungen aus "DEGUSSA-Plombiergold" auf.

Ob diese aufgezeigte Differenz zwischen den mittleren Spaltbreiten bei den Amalgam- und Goldstopffüllungen sich nicht zufällig ergab, sondern einen mit hoher Wahrscheinlichkeit vorhandenen, d. h. "signifikanten" Unterschied im Wandständigkeitsverhalten ausdrückte, sollte mit den Mitteln der Wahrscheinlichkeitsrechnung überprüft werden. Wir haben uns dabei im wesentlichen an die Darstellung von FREUDENBERG (1962) und an eine Unterredung mit Prof. IHM, Marburg gehalten. Bei unseren Rechnungen gingen wir von den gemessenen Blasenabreißdruckwerten (p_B) aus. Zur Überprüfung der Signifikanz bestimmten wir den P-Wert, der uns die Wahrscheinlichkeit angibt, mit der die in den errechneten Mittelwerten zum Ausdruck kommende experimentell gefundene Differenz zufällig besteht. Ist dieses P, das unter Berücksichtigung des Freiheitsgrades FG aus einer Tabelle der t-Verteilung entnommen werden kann, größer als 0,05, so wird im allgemeinen ein Unterschied als nicht real, als "nicht signifikant" angesehen. Ist der P-Wert $\leq$ 0,05, so beruht die Differenz der Mittelwerte mit wenigstens 95%iger Sicherheit nicht auf einem Zufall, d. h. die Ergebnisse sind dann "signifikant".

Die für unsere Berechnung notwendige t-Verteilung ermittelten wir nach der Formel

$$(1) \quad t \triangleq \frac{\bar{p}_{B_A} - \bar{p}_{B_G}}{s_\Delta}$$

$\bar{p}_{B_A}$: mittlerer Blasenabreißdruck der Amalgame

$\bar{p}_{B_G}$: mittlerer Blasenabreißdruck der kohäsiven Goldfabrikate

s_Δ : mittlere Abweichung der Differenz der Blasenabreißdruck-Mittelwerte

s_Δ ergibt sich aus

$$(1a) \quad s_\Delta = \sqrt{s^2_{\bar{p}_{B_A}} + s^2_{\bar{p}_{B_G}}}$$

$s_{\bar{p}_{B_A}}$: Standardabweichung des Mittelwertes $\bar{p}_{B_A}$

$s_{\bar{p}_{B_G}}$: Standardabweichung des Mittelwertes $\bar{p}_{B_G}$

$s_{\bar{p}_{B_A}}$ bzw. $s_{\bar{p}_{B_G}}$ geben den mittleren Fehler der Mittelwerte $\bar{p}_{B_A}$ bzw. $\bar{p}_{B_G}$ an und berechnen sich wie folgt:

$$(1b) \quad s_{\bar{p}_{B_A}} = \frac{s_{p_{B_A}}}{\sqrt{n_A}} \quad \text{bzw.} \quad s_{\bar{p}_{B_G}} = \frac{s_{p_{B_G}}}{\sqrt{n_G}}$$

$s_{p_{B_A}}$: Standardabweichung der zu $\bar{p}_{B_A}$ gehörigen Einzelwerte

$s_{p_{B_G}}$: Standardabweichung der zu $\bar{p}_{B_G}$ gehörigen Einzelwerte

n_A : Anzahl der zu $\bar{p}_{B_A}$ gehörigen Probanden

n_G : Anzahl der zu $\bar{p}_{B_G}$ gehörigen Probanden

Die Standardabweichungen $s_{p_{B_A}}$ und $s_{p_{B_G}}$, aus denen wir den mittleren Fehler der Einzelwerte vom Durchschnitt $\bar{p}_{B_A}$ bzw. $\bar{p}_{B_G}$ ersehen, bestimmten wir nach der Formel

$$(1c)\quad s_{p_{B_A}} = \sqrt{\frac{\sum\left(p_{B_A} - \bar{p}_{B_A}\right)^2}{n_A - 1}} \quad \text{bzw.} \quad s_{p_{B_G}} = \sqrt{\frac{\sum\left(p_{B_G} - \bar{p}_{B_G}\right)^2}{n_G - 1}}$$

Den zur Ermittlung des P-Wertes benötigten Freiheitsgrad FG fanden wir wie folgt:

$$(2)\quad FG = n_A + n_G - 2$$

n_A : Vgl. unter (1b)

n_G : ebenso

Eine Zusammenstellung der Ergebnisse findet sich in Tabelle III.

	n	$\bar{p}_B$	s_{p_B} [1]	$s_{\bar{p}_B}$	Δ	s_Δ	P
Amalgam	10	200,0	84,4	26,7	86,0	30,9	<0,01
Kohäsives Gold	20	114,0	69,8	15,6			

Tabelle III

Gegenüberstellung der Zwischen- und Endergebnisse zur Signifikanzberechnung der Resultate aus der 1. Versuchsreihe zwischen Amalgam und kohäsivem Gold.

Es bedeuten:

n : Anzahl der untersuchten Probanden

$\bar{p}_B$: mittlerer Blasenabreißdruck

s_{p_B} : Standardabweichung der Einzelwerte vom mittleren Blasenabreißdruck

$s_{\bar{p}_B}$: Standardabweichung des mittleren Blasenabreißdruckes

Δ : Differenz der Blasenabreißdruck-Mittelwerte

s_Δ : mittlere Abweichung der Differenz der Blasenabreißdruck-Mittelwerte

P : Irrtumswahrscheinlichkeit für die Differenz der Blasenabreißdruck-Mittelwerte

---

[1] Die errechneten Werte für die Standardabweichungen s_{p_B} wurden mit der vereinfachten Formel $s_{p_B} = \sqrt{\frac{\sum p_B^2}{n} - \bar{p}_B^2}\sqrt{\frac{n}{n-1}}$ überprüft. Zur Ableitung dieser Formel verweisen wir auf FREUDENBERG (1962, S. 105 ff.).

Die Tabelle III zeigt unter P, daß die Irrtumswahrscheinlichkeit für die Differenz der Mittelwerte $\bar{p}_{B_A}$ und $\bar{p}_{B_G}$ kleiner als 0,01 und damit das Ergebnis "signifikant" ist, d. h. es besteht "mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit" (FREUDENBERG 1962, S. 275) ein echter Unterschied im Wandständigkeitsverhalten bei Amalgam- und Kohäsivgoldfüllungen.

Wie oben erwähnt (S. 24) und aus Tabelle II ersichtlich, hat das "DEGUSSA-Plombiergold" den mit Abstand größten Spaltbreiten-Mittelwert. Da der Durchschnitt aller Goldmaterialien durch den hochgradig signifikant abweichenden Wert des "DEGUSSA-Plombiergold" ungünstig beeinflußt wird (vgl. Tabelle IV), haben wir zusätzlich geprüft, ob auch unter Ausklammerung dieses Fabrikats ein signifikanter Unterschied im Wandständigkeitsverhalten der Amalgame zu den übrigen Goldmaterialien vorliegt (vgl. Tabelle V).

	n	$\bar{p}_B$	s_{p_B} [1]	$s_{\bar{p}_B}$	Δ	s_Δ	P
"DEGUSSA-Plombiergold"	5	45,0	13,7	6,1	92,0	18,0	$<0,001$
Kohäsives Gold mit Ausnahme des "DEGUSSA-Plombiergold"	15	137,0	65,4	16,9			

Tabelle IV

Gegenüberstellung der Zwischen- und Endergebnisse zur Signifikanzberechnung der Resultate aus der 1. Versuchsreihe zwischen "DEGUSSA-Plombiergold" und den übrigen kohäsiven Goldfabrikaten (Abkürzungen vgl. Erläuterungen zu Tabelle III).

1) Vgl. Fußnote zu Tabelle III

	n	$\bar{p}_B$	s_{p_B} [1)]	$s_{\bar{p}_B}$	Δ	s_Δ	P
Amalgam	10	200,0	84,4	26,7	63 (t=1,994)	31,6	>0,05
Kohäsives Gold mit Ausnahme des "DEGUSSA-Plombiergold"	15	137,0	65,4	16,9			

Tabelle V

Gegenüberstellung der Zwischen- und Endergebnisse zur Signifikanzberechnung der Resultate aus der 1. Versuchsreihe zwischen Amalgam und kohäsivem Gold mit Ausnahme des "DEGUSSA-Plombiergold". (Abkürzungen vgl. Erläuterungen zu Tabelle III.)

Aus Tabelle V geht hervor, daß die Irrtumswahrscheinlichkeit P für die Differenz zwischen den Mittelwerten bei Amalgam- und kohäsiven Goldfabrikaten unter Ausklammerung des "DEGUSSA-Plombiergold" größer als 0,05 ist. In der Tabelle der t-Verteilung ist aber ersichtlich, daß der P-Wert (für t=1,994 und FG=23) nur geringfügig über 0,05 liegt; d. h. unser Ergebnis liegt auf der Grenze von "nicht signifikant" und "signifikant". Zwar könnte man versuchen, durch ständige Erhöhung der Anzahl der Probanden ein signifikantes Ergebnis ($P \leqq 0,05$) zu erzielen, aber aus nachstehend genannten Erwägungen zu den möglichen Ursachen für die

1) Vgl. Fußnote zu Tabelle III

starke Streuung der für die einzelnen Füllungsmaterialien gemessenen Blasenabreißdruck-Werte, die in den errechneten Standardabweichungen der Einzelwerte vom Mittelwert (s_{p_B}) (vgl. Tabelle IX) zum Ausdruck kommt, haben wir diese Versuchsreihe in einer abgewandelten Untersuchungsreihe fortgeführt.

Als Gründe für die relativ große Streuung der gemessenen Blasenabreißdruck-Werte lassen sich folgende Erklärungen in Betracht ziehen:

Schon BLACK (1908) betonte, daß die Elastizität des Dentins eine entscheidende Voraussetzung für die Qualität der Goldklopffüllungen ist. Es liegt auf der Hand, daß die Elastizität der Zähne individuell unterschiedlich ist und daraus unterschiedlich gute Füllungen resultieren.

Auch die von Zahn zu Zahn unterschiedliche Sprödigkeit und Porosität spielt sicherlich eine Rolle (PERLICK 1959).

Zusätzlich muß die Möglichkeit, daß während des Extraktions- bzw. Präparationsvorgangs an einzelnen Zähnen Sprünge in Schmelz und Dentin entstanden sein könnten, als Erklärung für die große Streuung der gemessenen Einzelwerte in Betracht gezogen werden.

Zu diesen nicht zu unterschätzenden Faktoren kommt unserem Erachten nach noch eine weitere Ursache, nämlich die unterschiedliche Ausdehnung der einzelnen Füllungen. Je länger der Füllungsrand ist, um so größer ist die

Wahrscheinlichkeit, daß eine druckluftdurchlässige Stelle auftritt. Eine zusätzliche Erklärung kann in der Stopftechnik liegen. Zwar haben wir uns bemüht, alle Füllungen mit der gleichen Sorgfalt herzustellen, der "handwerkliche" Stopfvorgang kann aber nicht mit physikalisch exakter Regelmäßigkeit durchgeführt werden. Stopfzahl und -zeit sind außerdem von der individuellen Beschaffenheit der Zähne abhängig. Auch die oben aufgezeigte unterschiedliche Freilegung der Kavitätenböden kann sich durch die damit eventuell verbundenen - unterschiedlichen - Veränderungen des an den Kavitätenboden angrenzenden Füllungsrandes auf die Ergebnisse auswirken.

Aus all diesen Gesichtspunkten erschien es uns wenig sinnvoll, für die - notwendig gewordene - zweite Versuchsreihe weiterhin extrahierte Zähne als Versuchskörper zu benutzen.

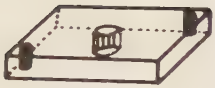
3. Wandständigkeitsuntersuchung mittels der "Blasendruckmethode" nach KNAPPWOST an Kavitäten in "Dekorit L"

a. Versuchskörper und Untersuchungsmethode

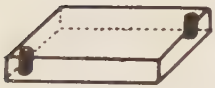
Anstelle extrahierter Zähne benutzten wir ein Phantommaterial, und zwar den Werkstoff "Dekorit L", ein Phenol-Aldehydharz der Firma Dr. F. RASCHIG GmbH, Ludwigshafen. Dieses Material hat etwa dieselbe Härte wie das Dentin

(MOOTZ), zusätzlich hat es hinsichtlich seiner Elastizität ähnliche Eigenschaften wie die biologische Zahnsubstanz (so hat es beispielsweise das Naturelfenbein zur Herstellung von Billardkugeln vollkommen abgelöst).

Der aus "Dekorit L" bestehende Versuchskörper wurde zu Plättchen mit den Abmessungen 2 mm x 20 mm x 22 mm zurechtgeschnitten und mit einer durchgehenden zylindrischen Bohrung von 2 mm Durchmesser versehen, die die Kavität ersetzte. Die Kavität, die entsprechend der Dicke der Plättchen eine Tiefe von 2 mm aufwies, wurde, wie oben beschrieben (vgl. S. 14), hergerichtet. Zum Abfüllen wurden diese durchbohrten Plättchen auf Platten desselben Materials fugenlos aufgeschraubt (vgl. Abb. 4). Erst unmittelbar vor der Prüfung haben wir die Bodenplatte abgelöst. Dieser Versuchskörper, der bereits von HAGEDORN (1955) in ähnlicher Form beschrieben worden war, brachte den Vorzug mit sich, daß die Kavitätenböden leicht entfernt werden konnten, ohne daß der untere Füllungsrand einer mechanischen Bearbeitung ausgesetzt wurde. Außerdem bot diese Versuchsanordnung weitere Vorteile: Alle Kavitäten wurden in der gleichen Größe und Tiefe in einheitlichem Material angelegt, mit anderen Worten, es wurden weitestgehend gleiche Versuchsbedingungen geschaffen.



a. = Deckplatte m. Bohrung



b. = Bodenplatte

c. = zusammengeschraubter Versuchskörper

Abb. 4

Versuchskörper aus DEKORIT L

Mit jedem Füllungsmaterial wurden zehn Kavitäten abgefüllt. Da die Verarbeitung der einzelnen Materialien wegen ihrer unterschiedlichen Beschaffenheit einen unterschiedlichen Zeitaufwand erforderte, konnte es nicht das Ziel sein, für alle Füllungen jeweils die gleiche Abfüllzeit einzuhalten, sondern es wurde lediglich darauf geachtet, bei Füllungen ein und desselben Materials eine bestimmte in Vorversuchen experimentell ermittelte Zeitspanne nicht zu unter- bzw. zu überschreiten (vgl. Tabelle VI). Die Zeit war dabei so ausgiebig bemessen, daß auf jeden Fall makroskopisch einwandfreie Füllungen hergestellt werden konnten. Zur Anzahl der Portionen, die in die Kavität eingebracht wurden, und der zur Kondensation durchgeführten Hammerschläge verweisen wir auf Tabelle VI. Bei den Amalgamfüllungen haben wir uns beim Festsetzen der Stopfdauer und -zahl nach den Ergebnissen von PERRICK (1959) gerichtet. Im übrigen wurden die Füllungen, wie oben (S. 14 ff.) beschrieben, angefertigt und poliert.

	STOPFDAUER [min]			ZAHL DER PORTIONEN			ZAHL DER HAMMERSCHLÄGE bzw. HANDDRUCKE			STOPFDRUCK
	Minimum	Maximum	Durchschnitt	Minimum	Maximum	Durchschnitt	Minimum	Maximum	Durchschnitt	
"Agestan 68"	5	6	5,3	6	8	7,1	60	80	71	500 p
"Standalloy"	5	6	5,3	6	7	6,8	60	70	68	500 p
"Mat Gold"	13	13	11,9	7	9	7,8	76	110	88,5	ABBOTT-Hammer Schlagfeder "mittel", stärkster Schlag
"New G 24"	11	19	12,4	8	10	8,6	78	95	84,2	
"DEGUSSA-Dentalgold"	9	12	10,8	6	8	7,2	62	90	75,3	
"DEGUSSA-Plombiergold"	18	20	19,6	9	13	10,5	100	120	106,5	

Tabelle VI

Angaben zum Stopfvorgang (Stopfdauer, Zahl der Portionen, Zahl der Hammerschläge bzw. Handdrucke und Größe des Stopfdrucks)

b. Untersuchungsergebnisse

aa. Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse

In nachfolgenden Übersichten (Tabelle VIIa und VIIb) werden die gemessenen Blasenabreißdruckwerte (p_B) und die daraus errechneten Spaltbreiten (d) wiedergegeben:

Versuchskörper	Füllungsmaterial	Blasenabreißdruck p_B [mm Hg]	Spaltbreite d[µ]
1	"Agestan 68"	300	3,6
2		280	3,9
3		>300	<3,6
4		>300	<3,6
5		>300	<3,6
6		>300	<3,6
7		>300	<3,6
8		300	3,6
9		>300	<3,6
10		290	3,8
1	"Standalloy"	>300	<3,6
2		300	3,6
3		>300	<3,6
4		>300	<3,6
5		300	3,6
6		>300	<3,6
7		>300	<3,6
8		280	3,9
9		>300	<3,6
10		>300	<3,6

Tabelle VIIa

Zusammenstellung der gemessenen Blasenabreißdruckwerte und der daraus errechneten Spaltbreiten für die Amalgame aus der 2. Versuchsreihe.

Versuchskörper	Füllungsmaterial	Blasenabreißdruck p_B [mm Hg]	Spaltbreite d [µ]
1		65	16,8
2		60	18,2
3		70	15,6
4		45	24,3
5	"Mat Gold"	55	19,9
6		80	13,7
7		65	16,8
8		150	7,3
9		65	16,8
10		60	18,2
1		90	12,2
2		105	10,4
3		100	10,9
4		90	12,2
5	"New G 24"	120	9,1
6		85	12,9
7		95	11,5
8		75	14,6
9		70	15,6
10		75	14,6
1		120	9,1
2		120	9,1
3		125	8,8
4		95	11,5
5	"DEGUSSA-	105	10,4
6	Dentalgold"	100	10,9
7		85	12,9
8		150	7,3
9		80	13,7
10		145	7,5
1		90	12,2
2		60	18,2
3		50	21,9
4		90	12,2
5	"DEGUSSA-	110	9,9
6	Plombiergold"	85	12,9
7		65	16,8
8		45	24,3
9		55	19,9
10		120	9,1

Tabelle VIIb

Zusammenstellung der gemessenen Blasenabreißdruckwerte und der daraus errechneten Spaltbreiten für die kohäsiven Goldfabrikate aus der 2. Versuchsreihe.

In Tabelle VIII sind die Blasenabreißdruck-Mittelwerte ($\bar{p}_B$) und mittleren Spaltbreiten ($\bar{d}$) aus beiden Versuchsreihen zusammengestellt.

Füllungsmaterial	mittlerer Blasenabreißdruck $\bar{p}_B$ [mm Hg]		mittlere Spaltbreite $\bar{d}$ [µ]	
"Agestan 68"	(212,0)	300,0 [1)]	(5,2)	3,6
"Standalloy"	(188,0)	300,0 [1)]	(5,8)	3,6
"Mat Gold"	(123,0)	71,5	(8,9)	15,3
"New G 24"	(129,0)	90,5	(8,5)	12,1
"DEGUSSA-Dentalgold"	(159,0)	112,5	(6,9)	9,7
"DEGUSSA-Plombiergold"	(45,0)	77,0	(24,4)	14,2

Tabelle VIII

Gegenüberstellung der Blasenabreißdruck-Mittelwerte und der mittleren Spaltbreiten aus der 1. und 2. Versuchsreihe. Die Ergebnisse aus der 1. Versuchsreihe stehen in Klammern ( ).

bb. Auswertung der Ergebnisse

Da bei den Amalgamfüllungen der gemessene Blasenabreißdruck in den meisten Fällen über dem meßbaren Maximaldruck von 300 mm Hg lag (vgl. Tabelle VIIa), ließen sich für diese Materialien der mittlere Blasenabreißdruck bzw. die mittlere Spaltbreite nicht exakt berechnen. Aufgrund der bei den Versuchen gemachten Beobachtungen kann aber gesagt werden, daß diese Blasenabreißdruckwerte nicht weit über 300 mm Hg

1) angenommener Wert, vgl. S. 38/39

gelegen haben, so daß wir unserem Vergleich einen mittleren Blasenabreißdruck von 300 mm Hg zugrunde legen können.

Ein wesentlicher Grund für die Durchführung einer zweiten Versuchsreihe lag in der Tatsache, daß in der ersten Untersuchungsreihe unter Benutzung von extrahierten Zähnen die einzelnen Werte zu stark streuten und deshalb eine eindeutige Einordnung der Füllungsmaterialien nicht zuließen. Ob unsere Vermutungen bezüglich der Ursachen für die große Streuung der gemessenen Blasenabreißdruckwerte aus der ersten Versuchsreihe zutreffen, soll genauer durch Berechnung und Gegenüberstellung der Standardabweichungen s_{p_B} aus beiden Versuchsreihen überprüft werden.

Da wir, wie oben gesagt, bei den Amalgamfüllungen mit einigen Ausnahmen keine genauen Einzelwerte messen konnten, ließen sich hierfür folglich auch nicht die Standardabweichungen der Einzelwerte vom - angenommenen - "Mittelwert" (s_{p_B}) berechnen. Eine Gegenüberstellung der Standardabweichungen s_{p_B} für die Goldmaterialien aus beiden Versuchsreihen findet sich in Tabelle IX.

Füllungsmaterial	STANDARDABWEICHUNG DER EINZELWERTE VOM MITTELWERT / s_{p_B} [mm Hg]	
	1.Versuchsreihe	2.Versuchsreihe
"Agestan 68"	78,3	+)
"Standalloy"	97,5	+)
"Mat Gold"	58,8	29,1
"New G 24"	64,1	15,4
"DEGUSSA-Dentalgold"	80,7	23,7
"DEGUSSA-Plombiergold"	13,7	25,7

Tabelle IX

Gegenüberstellung der Standardabweichungen der gemessenen Einzelwerte vom Blasenabreißdruck-Mittelwert aus der 1. und 2. Versuchsreihe

Aus Tabelle IX geht hervor, daß die Streuung der kohäsiven Goldfabrikate in der 2. Versuchsreihe deutlich reduziert ist; allerdings mit einer Ausnahme: beim "DEGUSSA-Plombiergold" ist die Standardabweichung s_{p_B} erhöht, ordnet sich aber jetzt in den für die Goldmaterialien ermittelten Streuungsbereich ein. Für die Amalgame fehlen aus den oben genannten Gründen die entsprechenden Werte. Geht man jedoch von den schon gemachten Aussagen bezüglich der einzelnen Amalgam-Meßergebnisse aus (vgl. S. 38), so kann man auch hier von einer deutlichen Abnahme der Streuung im Vergleich zur ersten Versuchsreihe sprechen. Die Durchführung dieser zweiten Versuchsreihe hat sich damit als berechtigt erwiesen.

+) für Amalgame Berechnung nicht möglich, vgl. S. 38

Aus Tabelle VIII geht hervor, daß auch in der zweiten Versuchsreihe die mittleren Spaltbreiten für beide Amalgamfabrikate am geringsten sind. Bei allen Goldmaterialien treten demgegenüber weitaus größere Spaltbreiten auf, unter ihnen liefert das "DEGUSSA-Dentalgold" die besten Meßzahlen. Dieser aufgezeigte Unterschied im Wandständigkeitsverhalten zwischen den Amalgamen und jedem Goldfabrikat ist so offensichtlich (vgl. Tabelle VIII) und kommt auch in den Tabellen VIIa und VIIb so klar zum Ausdruck, daß sich hierfür die Signifikanzberechnung erübrigt. Weniger deutlich ist das unterschiedliche Wandständigkeitsverhalten zwischen dem DEGUSSA-Dentalgold" und den übrigen Goldfabrikaten. Ob tatsächlich ein signifikanter Unterschied vorhanden ist, sollte durch Berechnung des P-Wertes überprüft werden.

	n	$\bar{p}_B$	s_{p_B} [1]	$s_{\bar{p}_B}$	Δ	s_Δ	P
"DEGUSSA-Dentalgold"	10	112,5	23,8	7,5	32,8	8,7	<0,001
Kohäsives Gold mit Ausnahme des "DEGUSSA-Dentalgold"	30	79,7	24,6	4,5			

Tabelle X

Gegenüberstellung der Zwischen- und Endergebnisse zur Signifikanzberechnung der Resultate aus der 2. Versuchsreihe zwischen "DEGUSSA-Dentalgold" und den übrigen Goldfabrikaten (Abkürzungen vgl. Erläuterungen zu Tabelle III, S. 27).

1) Vergleiche Fußnote zu Tabelle III, S. 27

Aus Tabelle X ist ersichtlich, daß die Irrtumswahrscheinlichkeit P kleiner als 0,001 ist. Damit besteht ein signifikanter Unterschied im Wandständigkeitsverhalten zwischen "DEGUSSA-Dentalgold" und den übrigen Goldfabrikaten.

Vergleicht man die Wandständigkeitsergebnisse ein und desselben Materials aus der ersten und zweiten Versuchsreihe (Tabelle VIII), so läßt sich folgendes aussagen: Die Spaltbreiten bei den Amalgamen sind zwar geringer, bei den kohäsiven Goldfabrikaten dagegen größer geworden, doch ist die Platzierung der Materialien im wesentlichen gleich geblieben - nur "Mat Gold" und "DEGUSSA-Plombiergold" haben die Plätze getauscht.

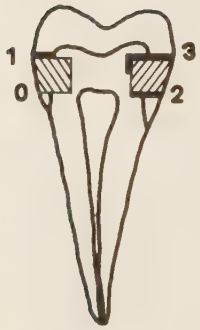
So ergibt sich als Hauptergebnis der beiden Versuchsreihen, daß die Amalgame hinsichtlich ihrer Abschlußdichtigkeit alle untersuchten Goldmaterialien deutlich übertreffen. Innerhalb der Goldmaterialien zeigt das "DEGUSSA-Dentalgold" die vergleichsweise besten Wandständigkeitseigenschaften.

4. Wandständigkeitsuntersuchung mit Kongorot-Farblösung an extrahierten Zähnen

a. Versuchsanordnung

Es wurde schon erwähnt, daß es sich bei der Blasendruckmethode nach KNAPPWOST um eine an sich "unphysiologische" Prüfmethode handelt. Aus diesem Grund haben wir eine weitere Versuchsreihe unter Benutzung einer Farblösung durchgeführt, mit dem Ziel, die in den vorliegenden Untersuchungen gewonnenen Ergebnisse einer Prüfung zu unterziehen. Als Testsubstanz haben wir 2%iges Kongorot verwandt (vgl. S. 9).

Mit jedem Material haben wir fünf Zähne abgefüllt. Die Versuche wurden an kariesfreien Prämolaren und Frontzähnen durchgeführt, an deren fazialen Flächen wir Kavitäten von ca. 2 mm Durchmesser und 1 mm Tiefe präpariert haben. Die Präparation der Kavitäten, die Verarbeitung der einzelnen Materialien sowie die Fertigstellung der Füllungen erfolgte entsprechend der ersten Versuchsreihe (vgl. S. 14/15). Anschließend haben wir die abgefüllten Zähne für mindestens vierundzwanzig Stunden in physiologische Kochsalzlösung gelegt, um gleiche Voraussetzungen für das Eindringen der Farblösung zu schaffen. Damit das Kongorot nicht durch das Foramen apikale und möglicherweise vorhandene Schmelzsprünge in die Zahnsubstanz eindrang, wurden die Zähne vor dem Eintauchen in die Farblösung mit Klebewachs überzogen.



0) Die Testsubstanz drang überhaupt nicht ein.

1) Die Testsubstanz drang zwar zwischen Füllungskörper und Kavitätenwand ein, sie war aber nur im Bereich des Schmelzes nachweisbar.

2) Die Testsubstanz drang bis ins Dentin vor, aber nicht über die Kavitätenwand hinaus.

3) Die Testsubstanz war entlang der Kavitätenwand und des -bodens nachweisbar.

Abb. 5

Eindringtiefe des Kongorots

Nur die Füllung und eine schmale angrenzende Zone blieben unbedeckt. Die Zähne lagen für vierundzwanzig Stunden in der Farblösung, anschließend haben wir das Klebewachs entfernt und einen Längsschnitt durch die Füllung angelegt.

In Anlehnung an KAKAR/SUBRAMANIAN (1963) teilten wir die Eindringtiefe des Kongorots in vier Abschnitte ein (Abb. 5). Unter einem Auflichtmikroskop wurde bei 11facher Vergrößerung festgestellt, wie tief die Farblösung zwischen Füllungskörper und Kavitätenbegrenzung eingedrungen war.

b. Versuchsergebnisse und Auswertung

Eine Zusammenstellung der Eindringtiefe des Kongorots bei den verschiedenen Füllungsmaterialien findet sich in Tabelle XI.

	I	II	III	IV	V
"Agestan 68"	0	3	0	0	2
"Standalloy"	0	0	2	2	1
"Mat Gold"	3	3	3	3	3
"New G 24"	3	3	3	3	3
"DEGUSSA-Dentalgold"	2	2	1	0	3
"DEGUSSA-Plombiergold"	3	3	3	3	3

Tabelle XI

Eindringtiefe des Kongorots bei den verschiedenen Füllungsmaterialien

Durch diese Versuchsreihe werden die bisher ermittelten Ergebnisse bestätigt. Die Amalgame heben sich wieder deutlich heraus. Bei ihnen drang in 50% der Fälle überhaupt keine Farblösung zwischen Füllungskörper und Kavitätenbegrenzung ein. Nur einmal konnte das Kongorot entlang der Kavitätenwand und des Kavitätenbodens nachgewiesen werden.

Unter den kohäsiven Goldfabrikaten hebt sich auch hier das "DEGUSSA-Dentalgold" positiv ab. Während bei allen übrigen Goldmaterialien das Kongorot stets um die ganze Füllung herum nachgewiesen wurde, war die Farblösung beim "DEGUSSA-Dentalgold" nur in einem Fall bis zum Kavitätenboden vorgedrungen.

Damit wurde das in der ersten und zweiten Versuchsreihe gewonnene Hauptergebnis bezüglich der Amalgame und des "DEGUSSA-Dentalgold" bestätigt. Bei den übrigen Goldfabrikaten konnten keine quantifizierbaren Unterschiede festgestellt werden. Wie schon vermutet, versagte hier diese Methode wegen der zu geringen Materialunterschiede.

Ein weiteres augenfälliges Ergebnis war, daß bei allen Goldfüllungen - nicht dagegen bei den Amalgamfüllungen - Farblösung im Füllungskörper selbst beobachtet wurde. Aus diesem Anlaß haben wir unseren Materialvergleich um eine Härteuntersuchung erweitert, mit dem Ziel, ge-

nauere Aussagen über die Homogenität der einzelnen Materialien machen zu können.

5. Diskussion der Untersuchungsergebnisse

Alle drei Versuchsreihen erbrachten, daß die Spaltbildung zwischen Füllungskörper und Kavitätenwand bei den Silberamalgamen am geringsten ist. Innerhalb der Gruppe der Goldmaterialien hat das "DEGUSSA-Dentalgold" den besten Anschluß an die Kavitätenwand.

Dieses Ergebnis wird auch durch die Untersuchungen von ARMSTRONG/SIMON (1951) und KAKAR/SUBRAMANIAN (1963) gestützt. Fragt man nach den Gründen des Widerspruchs zwischen diesem gefundenen Hauptergebnis und der bisher vorwiegenden Darstellung in der Literatur, so müssen folgende Anmerkungen gemacht werden:

(1) Viele Arbeiten, die die bessere Abschlußfähigkeit von Kohäsivgoldfüllungen gegenüber den übrigen Füllungsmaterialien hervorheben, sind älteren Datums (BLACK 1908, LE ROY 1933, HOLLENBACK 1937). Aber gerade in den Nachkriegsjahren sind die Amalgame und speziell ihre Verarbeitung studiert (ILG 1951, LOEBICH 1951, WEIKART 1955, FISCHER 1955 und 1957, EINFELDT 1963, RIETHE 1966 u. a. in Deutschland; HOLLENBACK 1958, AMERICAN DENTAL ASSOCIATION 1962, RYGE 1965 u. a. in den USA) und stark verbessert worden.

So wurden früher häufig Amalgam-Feilungen mit einem Silbergehalt von nur 50% verwendet[1]. Diese Amalgame, deren Produktion bereits eingestellt wurde[2] bzw. deren Anteil am Umsatz nur noch minimal ist[3], neigen zur Kontraktion (ILG 1951). Dagegen weisen die heute vorherrschenden Feilungen mit über 65% Silbergehalt Expansionswerte über 4 µ /cm auf (ILG 1951). Dies scheint uns der Hauptgrund für das unerwartet gute Abschneiden der Silberamalgame zu sein. Bezeichnend für diese Entwicklung sind die Untersuchungsergebnisse von HOLLENBACK (1937/1958): Während er 1937 die eindeutige Überlegenheit des Blattgoldes hervorhob, stellt er demgegenüber 1958 fest, daß das Amalgam bei vorschriftsmäßiger Verarbeitung ein "sehr wertvolles Material" darstelle.

(2) Wenn oft die Meinung vertreten wird, daß Amalgamfüllungen klinisch schlechter abschneiden als Goldstopffüllungen, so ist diese Ansicht sicher durch den optischen Gesamteindruck gerechtfertigt. Dabei ist aber

---

1) Zum Beispiel "Agestan 50" der FARBENFABRIKEN BAYER; "DEGUSSA-Gold-Platin-Folien-Amalgam A I", "DEGUSSA-Silber-Folien-Amalgam"

2) Z. B. "Agestan 50 und "DEGUSSA-Gold-Platin-Folien-Amalgam A I" (n. freundl. Mitt. der Hersteller)

3) Z. B. "DEGUSSA-Silber-Folien-Amalgam" (n. freundl. Mitt. des Herstellers)

zu berücksichtigen, daß heute Goldstopffüllungen im Gegensatz zu Amalgamfüllungen ausschließlich bei einfachen Indikationen Anwendung finden (zum Indikationsbereich vgl. FREYBERGER 1962, MOTSCH 1962). Es liegt also die Vermutung nahe, daß die Meinung vom schlechten Abschneiden der Amalgame weitgehend auf solchen Beispielen beruht, bei denen kohäsive Goldfabrikate überhaupt nicht hätten verwendet werden können. Außerdem bringen es die Verarbeitungseigenschaften des kohäsiven Goldes mit sich, daß die Füllungen mit ganz besonderer Sorgfalt hergestellt werden müssen.

Abschließend möchten wir zu bedenken geben, daß unsere Untersuchungen ausschließlich an neuen und in vitro hergestellten Füllungen durchgeführt wurden. Ob und wie sich der Alterungs- bzw. Abnutzungsprozeß bei den verschiedenen Füllungsmaterialien auswirkt, bedarf weiterer Untersuchungen, die den Rahmen unserer Arbeit überschreiten.

III. Vergleichende Härteuntersuchung an Füllungen aus Amalgam und kohäsivem Gold

Wie schon erwähnt, ergaben sich als Nebenergebnis der Wandständigkeitsuntersuchung augenfällige Homogenitätsunterschiede bei allen aus kohäsivem Gold bestehenden Füllungskörpern. Um auch hier über die reine Feststellung hinaus zu einer quantitativ formulierten Aussage zu gelangen, haben wir in einer ergänzenden Versuchsreihe Härtemessungen durchgeführt.

1. Die verschiedenen Härtemeßmethoden

Obwohl der Begriff "Härte" im täglichen Sprachgebrauch häufig angewandt wird, stellt dieser Begriff - physikalisch gesehen - keine eindeutige Eigenschaft dar, sondern es handelt sich um einen Sammelbegriff für v e r s c h i e d e n e Werkstoffeigenschaften (MOTT 1957 und BOERMA 1963). Aus diesem Grund gibt es keine allgemeingültige und umfassende Definition. Nach MOTT (1957, S. 11) "hängt keine Härtemeßmethode von einer einfachen physikalischen Eigenschaft ab, sondern kann sich sowohl auf die elastische als auch auf die plastische Verformung beziehen, so daß die Elastizitätsgrenze, der Elastizitätsmodul, die Streckgrenze, die Zugfestigkeit, die Sprödigkeit usw. das Meßergebnis beeinflussen". Die genaue Definition hängt also vollständig von der Meßmethode ab, durch die der Härtegrad ermittelt wird.

Da sich in der technischen Härtemessung die sogenannten Eindringverfahren durchgesetzt haben, hat sich folgende von MARTENS (1898) vorgeschlagene Begriffsbestimmung eingebürgert: "Härte ist der Widerstand, den ein Körper dem Eindringen eines härteren Prüfkörpers entgegensetzt." Die ersten vergleichenden Härtemessungen an Metallen stellte DUMAS an. Er bediente sich dabei des MOHS'schen Grundgedankens der vergleichenden Materialritzung. Diese Methode erwies sich jedoch rasch als unzureichend, da sie zu ungenau ist (FRANK 1956). In der Folgezeit wurden die verschiedensten Härtemeßmethoden entwickelt, von denen die MARTENS'sche Ritzhärteprüfung 1898 und die Kugeldruckprobe von BRINELL 1900 die Grundlage exakter Härteprüfung schufen.

Die Vielzahl der verschiedenen Eindringverfahren teilt FRANK (1956) nach der Art der Bewegung des Eindringkörpers in das Prüfobjekt in folgende Gruppen ein: 1. Statische Härtemeßmethoden, 2. Dynamische Härtemeßmethoden und 3. Sonderverfahren. Bei den Verfahren der statischen Härtemeßmethoden wird der Eindringkörper durch eine langsam auf einen Sollwert gesteigerte Prüfkraft in den zu untersuchenden Werkstoff eingedrückt, während bei den Verfahren der dynamischen Härtemeßmethoden der Eindringkörper mit einer bestimmten kinetischen Energie in den Prüfwerkstoff eingetrieben wird.

In vorliegender Arbeit wurde die Härte der Füllungsmaterialien mittels einer statischen Härtemeßmethode (Mikrohärtemessung nach VICKERS) bestimmt, da sich diese Methode in Technik und Forschung weitgehend durchgesetzt hat. Aus demselben Grund möchten wir auf die Beschreibung der dynamischen Härteprüfmethoden und der Sonderverfahren verzichten und nur auf die statischen Härtemeßmethoden eingehen, und zwar unter besonderer Berücksichtigung der Mikrohärtemessung.

Nach der Größe der verwendeten Prüfkräfte unterscheidet man zwischen Makro- und Mikrohärteprüfungen. Mit der Makrohärtemessung, die sich Prüfkräfte über 1 kg bedient, werden verschiedene Gefügebestandteile auf einmal erfaßt: es resultiert "ein Durchschnittshärtewert" (ONITSCH 1947). Nach ONITSCH (1947) kann bei heterogenem Gefügeaufbau, besonders wenn sehr unterschiedlich harte Gefügebestandteile vorliegen, aus der Makrohärte kein Rückschluß auf die Härte der einzelnen Gefügebestandteile gezogen werden. Die Eindrücke bei den Mikrohärtemeßmethoden dagegen - die Prüfkräfte betragen weniger als 1 kg - treffen nur "kleinste Gefügebereiche" (FRANK 1956), so daß unterschiedliche Gefügezonen genau erfaßt werden. Drei Mikrohärtemeßverfahren haben größere Bedeutung erlangt: die Härtemessung nach VICKERS, nach KNOOP und nach GRODZINSKI. Sie unterscheiden sich lediglich durch eine unterschiedliche Gestalt der Eindringkörper. In Deutschland hat die Mikrohärtemeßmethode mit der VICKERS-Pyra-

mide die größte Bedeutung erlangt. Dieser Eindringkörper, der schon 1937 von LIPS in derselben Form verwendet wurde (FRANK 1956), besteht aus Diamant. Die Pyramide hat über einer quadratischen Grundfläche einen Neigungswinkel von 136°.

2. Die Härteuntersuchung mittels der Mikrohärtemeßmethode nach VICKERS

a. Untersuchungsmethode

Die Mikrohärte wurde an den auf Seite 32 ff. beschriebenen Füllungen bestimmt, und zwar wurden an fünf Füllungen desselben Materials jeweils fünf meßbare Eindrücke an der Oberfläche erzeugt, also insgesamt 25 je Material. Da exakte Härtemessungen nach WEIKART (1960) nur an hochglanzpolierten Flächen durchführbar sind, haben wir die Prüfobjekte folgendermaßen vorbehandelt: Zunächst wurden sie auf einer rotierenden Gußeisenplatte mit einem Gemisch aus Silizium-Karbid mit der Korngröße 220 (= 34 µ) des ELEKTROSCHMELZWERKES, KEMPTEN und Wasser vollkommen plan geschliffen. Das sich anschließende Feinschleifen erfolgte ebenfalls mit Silizium-Karbid von stufenweise abnehmenden Korngrößen (400 = 20 µ, 800 = 7 µ, 1200 = 3 µ). Dieses führten wir mit der Hand auf Glasplatten durch, bis im mikroskopischen Abbild keine Schleifspuren mehr sichtbar waren. Zum Schluß wurden die Prüfobjekte auf

einer mit Filztuch bespannten rotierenden Scheibe nach der "WINTERschen Diaplastmethode" unter Verwendung von rotem Diamantpulver auf Hochglanz poliert. Wir bemühten uns, während des Schleif- und Poliervorgangs mit möglichst geringem Druck zu arbeiten, da nach VITOVEC/ BINDER ein zu starkes Polieren die Härte der Prüfobjekte verändern kann.

Die Mikrohärtemessungen wurden mit dem Kleinhärteprüfer "Durimet" der Firma LEITZ - Wetzlar durchgeführt, der gleichzeitig mit dem "Präzisions-Meßmikroskop" derselben Firma kombiniert war. Um die notwendige Parallelität zwischen der Meßtischplatte und der Füllungsoberfläche herzustellen, haben wir die Testobjekte mit Hilfe einer Handpresse der Firma LEITZ in erweichten "Stents" eingedrückt. Der Diamantprüfkörper wurde durch eine Prüfkraft von 100 p in die Testobjekte eingetrieben. Die Senkzeit betrug jeweils 15 sec, weitere 15 sec wirkte die Prüflast maximal auf die Probe ein. Aufgrund der Untersuchungen von WEIKART (1960) kam als Prüfkraft nur der Bereich zwischen 50 und 500 p in Betracht; eigene Vorversuche ergaben, daß nur die Last von 100 p bei a l l e n Materialien eindeutig ausmeßbare Eindrücke hinterließen. Die Längen der Eindruckdiagonalen wurden mit Hilfe des "Präzisions-Meßmikroskop" der Firma LEITZ - Wetzlar bei 4oofacher Vergrößerung bestimmt. Den zu dem Mittelwert der beiden Eindruckdia-

gonalen gehörigen Härtewert - ausgedrückt in VICKERS-Härtegraden (HV = ... kp/mm^2) - haben wir aus einer von der Firma LEITZ dem Gerät beigegebenen Tabelle abgelesen. Nach Angaben der Herstellerfirma liegen die Fehlergrenzen bei $\pm$ 2 - 3%.

b. Untersuchungsergebnisse

Eine Zusammenstellung der durch den Kleinhärteprüfer "Durimet" ermittelten VICKERS-Härtegrade HV [kp/mm^2] findet sich in Tabelle XIIa und Tabelle XIIb.

In Tabelle XIII sind die Durchschnittshärte-Werte ($\overline{HV}$) sowie die Standardabweichungen der gemessenen Einzelwerte von der Durchschnittshärte (s_{HV}) aufgeführt.

VICKERS-Härtegrade HV [kp/mm^2]

	1.Füllung	2.Füllung	3.Füllung	4.Füllung	5.Füllung
"Agestan 68"	119,0	99,4	103,0	124,0	128,0
	128,0	141,0	113,0	133,0	130,0
	115,0	118,0	140,0	143,0	130,0
	110,0	121,0	119,0	118,0	109,0
	102,0	118,0	123,0	119,0	118,0
"Standalloy"	130,0	122,0	117,0	98,0	137,0
	104,0	108,0	139,0	112,0	102,0
	118,0	135,0	105,0	132,0	120,0
	109,0	128,0	118,0	103,0	126,0
	105,0	110,0	127,0	129,0	109,0

Tabelle XIIa

Zusammenstellung der gemessenen VICKERS-Härtegrade für die Amalgamfüllungen

	VICKERS-Härtegrade HV [Kp/mm²]				
	1.Füllung	2.Füllung	3.Füllung	4.Füllung	5.Füllung
"Mat Gold"	55,5	52,4	85,4	63,6	65,3
	82,5	61,5	39,7	54,5	54,9
	89,2	49,7	56,1	76,0	65,3
	95,8	62,4	52,0	64,3	44,7
	88,4	47,5	57,9	78,8	89,6
"New G 24"	65,0	43,6	72,7	59,1	55,9
	85,0	71,3	78,2	79,5	55,1
	81,8	83,9	61,5	93,2	75,5
	60,4	53,6	77,0	106,0	54,9
	69,1	84,3	60,0	82,9	28,7
"DEGUSSA-Dental-gold"	77,9	60,6	56,5	71,6	63,6
	43,2	74,4	71,9	64,1	53,4
	67,8	73,3	82,2	56,1	71,9
	56,9	76,3	43,2	67,5	58,5
	51,0	40,8	63,1	71,0	59,4
"DEGUSSA-Plombier-gold"	65,8	80,2	87,2	84,7	54,2
	69,1	88,4	80,5	73,6	96,7
	52,5	104,0	66,5	90,9	42,6
	105,0	76,9	28,6	78,2	55,1
	110,0	85,0	89,2	59,1	43,3

Tabelle XIIb

Zusammenstellung der gemessenen VICKERS-Härtegrade für die aus kohäsivem Gold bestehenden Füllungen

Füllungsmaterial	Durchschnittshärte $\overline{HV}$ [kp/mm^2]	Standardabweichung der Einzelwerte von der Durchschnittshärte s_{HV} [kp/mm^2]
"Agestan 68"	120,9	11,6
"Standalloy"	117,7	11,9
"Mat Gold"	65,3	15,9
"New G 24"	69,5	16,8
"DEGUSSA-Dentalgold"	63,1	11,2
"DEGUSSA-Plombiergold"	74,7	20,9

Tabelle XIII

Zusammenstellung der Durchschnittshärte und der Standardabweichungen der Einzelwerte von der Durchschnittshärte für die einzelnen Füllungsmaterialien

c. Auswertung und Diskussion der Ergebnisse

Die größte Durchschnittshärte haben die Amalgame, weitaus geringer ist sie bei allen Goldmaterialien (vgl. Tabelle XIII). Dieser Unterschied ist so offensichtlich, daß sich die Signifikanzberechnung erübrigt. Unter den kohäsiven Goldfabrikaten weist das "DEGUSSA-Plombiergold" die größte Durchschnittshärte auf, für das "DEGUSSA-Dentalgold" ist sie am geringsten, doch sind diese Unterschiede im Vergleich zu dem deutlichen Abstand aller Goldmaterialien zu den Amalgamen unerheblich.

Ein weiterer Unterschied zwischen den beiden Materialgruppen besteht darin, daß für die Goldfabrikate, mit Ausnahme des "DEGUSSA-Dentalgold", die einzelnen Härtewerte weiter auseinander liegen (vgl. Tabelle XIIa, XIIb

sowie die Größe der Meßkörpereindrücke bei Abb. 10, 11, 12 und 13). Das geht auch ganz eindeutig aus den Standardabweichungen der gemessenen Einzelwerte vom Härtedurchschnittswert (s_{HV}) hervor. Tabelle XIII zeigt, daß sich das "DEGUSSA-Dentalgold" in den deutlich niedriger liegenden Streuungsbereich der Amalgame einordnet. Die in den gemessenen Härtewerten (vgl. Tabelle XIIa, XIIb) bzw. in den Standardabweichungen s_{HV} (vgl. Tabelle XIII) zum Ausdruck kommende unterschiedliche Oberflächenbeschaffenheit von Amalgam- und Stopfgoldfüllungen konnte bereits beim Auswählen von geeigneten Meßstellen im Mikroskop durch Augenschein festgestellt werden. Mit Ausnahme des "DEGUSSA-Dentalgold" wurden an allen Goldfüllungen Hohlräume verschiedenen Ausmaßes beobachtet, die Oberflächen der Amalgame dagegen waren von durchweg feinkörniger Struktur (vgl. Abb. 6, 7, 8 und 9).

Klammert man das "DEGUSSA-Dentalgold" aus, so entsprechen diese die Goldmaterialien betreffenden Ergebnisse den Härtemessungen von HODSON/STIBBS (1962), die sowohl für Kristallgold- als auch für Goldfolienfüllungen stark streuende VICKERS-Mikrohärtewerte erhalten hatten. Sie führten diese Erscheinung auf die Inhomogenität der Goldfüllungen zurück, ebenso wie EICHNER (1964), der an Kristallgoldfüllungen dieselben Beobachtungen gemacht hatte. Zur gleichen Auffassung hinsichtlich der

Goldfolienfüllungen kamen auch ARMSTRONG/SIMON (1951) und TAYLOR/STOWELL/MURPHY/WAINWRIGHT (1959) aufgrund radioaktiver Untersuchungsmethoden.

In dieser Tatsache, daß die meisten kohäsiven Goldmaterialien - trotz sorgfältigen Stopfvorgangs - nicht ausreichend verdichtet werden können, dürfte eine weitere Ursache für die vergleichsweise schlechteren Wandständigkeitsresultate liegen. Die Härtemessung gibt uns damit gleichzeitig einen Hinweis, wo die Erklärung für das im Vergleich zu den übrigen Goldfabrikaten günstigere Wandständigkeitsverhalten des "DEGUSSA-Dentalgold" liegen kann, nämlich in der Struktur des Füllungskörpers. Die aufgezeigte größere Homogenität hat zur Folge, daß an der Füllungswand Stellen stark vermehrter Durchlässigkeit vergleichsweise seltener auftreten.

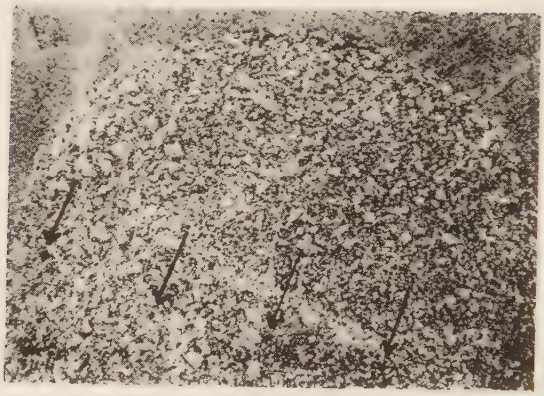


Abb. 6
Oberfläche des "Standalloy"
mit VICKERS-Härtemeßeindrücken (↙)
(ca. 40fach vergr.)

Abb. 7
Oberfläche des "DEGUSSA-Plombiergold"
mit VICKERS-Härtemeßeindrücken
(ca. 40fach vergr.)

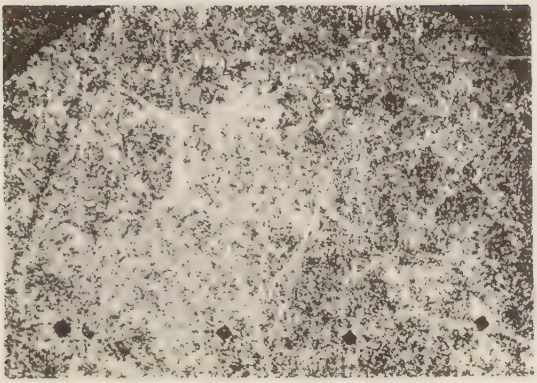


Abb. 8
Oberfläche des "DEGUSSA-Dentalgold"
mit VICKERS-Härtemeßeindrücken
(ca. 50fach vergr.)

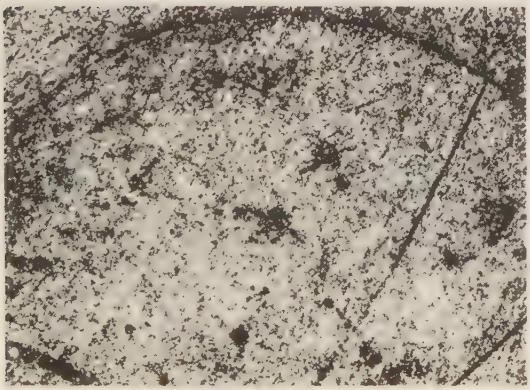


Abb. 9
Oberfläche des "New G 24"
mit VICKERS-Härtemeßeindrücken
(ca. 50fach vergr.)

Abb. 10

VICKERS-Härtemeßeindrücke
beim "Standalloy"[1)]
(ca. 110fach vergr.)

Abb. 11

VICKERS-Härtemeßeindrücke beim "DEGUSSA-Plombiergold"
z. T. nach der Messung erzeugt[1)]
(ca. 110fach vergr.)

---

1) Da die Ebene der größten Schärfe auf die Spitze der Pyramiden-Eindrücke eingestellt wurde, wird die Füllungsoberfläche nicht wirklichkeitsgetreu wiedergegeben, sondern erscheint feinkörniger.

Abb. 12
VICKERS-Härtemeßeindrücke
beim "DEGUSSA-Dentalgold"[1)]
(ca. 110fach vergr.)

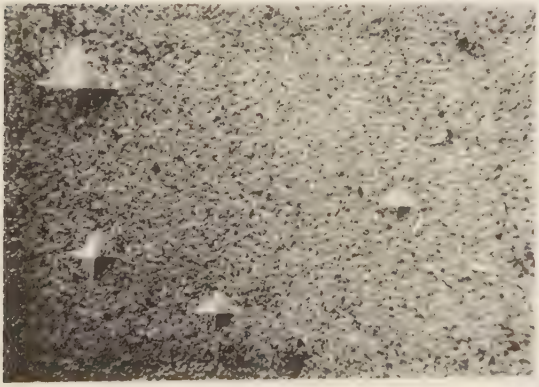


Abb. 13
VICKERS-Härtemeßeindrücke
beim "Mat Gold"[1)]
(ca. 110fach vergr.)

---

1) Vgl. Fußnote auf S. 62

C. Zusammenfassung

In vorliegender Arbeit wurden Amalgam- und kohäsive Goldfüllungen bezüglich ihrer Wandständigkeit und Härte vergleichend untersucht. Zur Herstellung der Amalgamfüllungen verwendeten wir "Agestan 68" (FARBENFABRIKEN BAYER - Leverkusen) und "Standalloy" (DEGUSSA - Frankfurt a.M.). Folgende kohäsive Goldfabrikate wurden in die Untersuchung einbezogen: "Mat Gold" (MORGAN, HASTINGS & CO. - Philadelphia), "New G 24" (BIOLUX INTERNATIONAL - Brüssel), das noch nicht im Handel erhältliche "DEGUSSA-Dentalgold" und "DEGUSSA-Plombiergold".

Als das für unseren Materialvergleich zweckmäßigste Untersuchungsverfahren zur Überprüfung der Wandständigkeit erschien uns die von KNAPPWOST 1951 beschriebene "Blasendruckmethode", mit der wir die Spaltbreite zwischen Füllungskörper und Kavitätenwand auch zahlenmäßig erfassen konnten. Mit jedem Material wurden fünf Kavitäten abgefüllt, die in extrahierte Prämolaren präpariert worden waren. Die Versuchsergebnisse haben wir statistisch ausgewertet. Aufgrund der starken Streuung der gemessenen Einzelwerte, auf deren möglichen Ursachen näher eingegangen wurde, haben wir diese (1.) Versuchsreihe durch weitere Untersuchungen ergänzt.

In einer zweiten Versuchsreihe haben wir anstelle extrahierter Zähne den Kunststoff "Dekorit L" (Dr. F. RASCHIG GmbH. - Ludwigshafen) verwendet, um möglichst gleiche Versuchsbedingungen zu schaffen. Auch den Stopfvorgang (Stopfdauer, Portionszahl usw.) versuchten wir weitgehend zu vereinheitlichen. Mit jedem Material wurden zehn Versuche durchgeführt; die Untersuchungsergebnisse haben wir mit den Mitteln der Wahrscheinlichkeitsrechnung überprüft. Als wichtigstes Resultat erbrachten die Versuche, daß die Amalgame alle untersuchten Goldfabrikate hinsichtlich der Wandständigkeit übertrafen. Unter den Goldmaterialien schnitt das "DEGUSSA-Dentalgold" vergleichsweise am besten ab. Ergänzende Farblösungsuntersuchungen mit Kongorot (pro Material fünf Versuche) bestätigten dieses Ergebnis.

Bei der Härteuntersuchung kam es uns darauf an, nicht nur Härte- sondern auch etwaige Homogenitätsunterschiede festzustellen. Wir bedienten uns dazu der Mikrohärtemessung nach VICKERS und führten pro Material 25 Messungen durch. Bezüglich der Durchschnittshärte und der gemessenen Härteunterschiede erhielten wir für die Amalgame die besten Resultate. Nur das "DEGUSSA-Dentalgold" wies, bei absolut niedrigeren Härtewerten, ähnlich geringe Unterschiede wie die Amalgame auf.

Zu Beginn unserer Arbeit haben wir darauf hingewiesen, daß es bezüglich des "idealen" Füllungsmaterials in der Zahnheilkunde kontroverse Auffassungen gibt. Wenn auch nach unserer Ansicht unter den von uns gemachten Einschränkungen diese Frage zugunsten der Amalgame beantwortet wurde, so möchten wir doch auf die zeitliche Begrenztheit unserer Aussage hinweisen. Da sich, wie gezeigt wurde, die Beschaffenheit einzelner Füllungsmaterialien immer wieder ändert, ergibt sich die Notwendigkeit, derartige Untersuchungen von Zeit zu Zeit aufs neue anzustellen.

D. Literaturverzeichnis

1. AMERICAN DENTAL ASSOCIATION Guide to Dental Materials 1962 - 1963. Chicago 1962.

2. ARMSTRONG, W./ SIMON, W. Penetration of Radiocalcium at the Margins of Filling Materials. J.Amer.dent.Ass. 43, 684, 1951.

3. BLACK, G.V. Operative Dentistry. 1908. Dtsch. Übersetzung: PICHLER, H. Konservierende Zahnheilkunde. Berlin 1914.

4. BOERMA, U. Über Mikrohärte und Fluorgehalt in Zahnhartgeweben, vergleichend untersucht am Modellfall der Zähne des Pottwals (Physeter macrocephalus L.). Med.Diss., Gießen 1963.

5. BORNEMANN, W. Untersuchungen über die Randdichte von Band- und Gußkronen aus Metall nach der Blasendruckmethode. Med.Diss., Marburg 1955.

6. CANTWELL, J.C./ CANTWELL, K.R./ CLAYCOMB, C.K./ GRATEWOOD, D.C. Study of Marginal Seal of Dental Restorations. J.dent.Res. 38, 755, 1959 (abstr.).

7. CRAWFORD, W.H./ LARSON, J.H. Fluid Penetration between Fillings and Teeth Using Ca^{45}. J.dent.Res. 35,518, 1956.

8. DEGUSSA (Herausg.) Wissenswertes über Amalgame und deren richtige Verarbeitung. DEGUSSA-Brief, Neue Folge Nr. 12, Mai 1951.

9. DEGUSSA (Herausg.) Wissenswertes über Amalgame und über Hilfsgeräte zu ihrer werkstoffgerechten Verarbeitung. DEGUSSA-Brief, Neue Folge Nr.31, September 1960.

10. DRUMM, W. New Biofil G 24. Die Quintessenz... 13,33, 1962.

11. DUMAS Zit. n. FRANK, K. (1956).

12. DUTE, H.L./ GOING, R.E./ MASSLER, M. Penetration of J^{131} around and into Various Filling Materials. J.dent.Res. 37,17, 1958 (abstr.).

13. EICHNER, K. Ergebnisse experimenteller Untersuchungen und klinischer Erfahrungen mit Karat-Pure-Gold. Dtsch.zahnärztl.Z. 19,858,1964.

14. EICHNER, K. Leitfaden der zahnärztlichen Werkstoffe und ihrer Verarbeitung. Berlin 1967.

15. EINFELDT, H. Wie können wir Amalgamfüllungen verbessern? Dtsch.zahnärztl.Z. 18,1081,1963.

16. FIASCONARO, J.E./ SHERMAN, H. A Quantitative Method for Evaluating the Cavity-Sealing Properties of Restorations. J.dent.Res. 31,503,1952 (abstr.).

17. FISCHER, C.H. Kann die Amalgamfüllung verbessert werden? Dtsch.Zahnärztebl. 20,1106,1955.

18. FISCHER, C.H./ MERTENSMEIER, L. Vergleichende experimentelle Untersuchungen an verschiedenen handelsüblichen Amalgamen. Dtsch.Zahn-, Mund- u.Kieferheilk. 26,205,1957.

19. FISCHER, C.H. Probleme der zahnärztlichen Füllungstherapie in Gegenwart und Zukunft. Dtsch. zahnärztl.Z. 17,939,1962.

20. FISCHER, M. Experimentelle Untersuchungen über die Abschlußdichtigkeit der in der Zahnheilkunde gebräuchlichen Füllungsmaterialien. Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 59,595,1949.

21. FRANK, K. Taschenbuch der Härteprüfung. Füssen 1956.

22. FREUDENBERG, K. Grundriß der medizinischen Statistik. Stuttgart 1962.

23. FREYBERGER, P. Moderne Goldfüllungstechnik. Öst.Z. Stomat. 59,372,1962.

24. HAGEDORN, F. Experimentelle Versuche über das Dimensionsverhalten des Tablettenamalgams "Agestan". Med.Diss., Marburg 1955.

25. HAMPEL, A.T. Adaption of Amalgam to Cavity Walls Tested with Ca^{45}. J.dent.Res. 38,748,1959 (abstr.).

26. HESS, W. Über die Abschlußdichtigkeit der in der Zahnheilkunde gebräuchlichen Füllungsmaterialien. Dtsch.zahnärztl.Z. 4,533, 1949.

27. HEUSER, H. Oberflächenmikroskopische Untersuchungen über den Randschluß von Füllungen (1. Teil). Stoma 1,5,1948.

28. HEUSER, H. Oberflächenmikroskopische Untersuchungen über den Randschluß von Füllungen (2. Teil). Stoma 2,16,1949.

29. HODSON, J.T./ STIBBS, G.D. Structural Density of Compacted Gold Foil and Mat Gold. J.dent.Res. 41,339,1962.

30. HOLLENBACK, G.M. Physical Properties of Filling Materials. J.Amer.dent.Ass. 24, 1081,1937.

31. HOLLENBACK, G.M. The Condensation of Amalgam. J.Amer.dent. Ass. 56,807,1958.

32. ILG, V.K. Untersuchungen über das Dimensionsverhalten (Expansion und Kontraktion) der Füllungsamalgame II. Dtsch. zahnärztl. Z. 6,189,1951.

33. ILG, V.K. Zit. n. OBST (1953).

34. JANKE, G. Über die fugendichte Bindung von Kunststoff an Metall. Zahnärztl.Welt 7, 509, 1952.

35. KAKAR, R.C./ SUBRAMANIAN, V. Sealing Qualities of Various Restorative Materials. J.prosth.Dent. 13,156,1963.

36. KNAPPWOST, A. Kapillare Spaltbildung unserer plastischen Füllungsmaterialien als Ursache der hohen Sekundärkariesfrequenz. Dtsch.zahnärztl. Z. 6,602,1951.

37. LE ROY, R.P. Adaption of Dental Amalgams, J.Amer.dent. Ass. 20,1218,1933.

38. LOEBICH, O. Untersuchungen über das Fließen von Amalgamen. Dtsch.zahnärztl.Z. 9,1386,1954.

39. MARTENS, A. Handbuch der Materialkunde Bd. I, Berlin 1898.

40. MENEGALE, C./ SWARTZ, M.L./ PHILLIPS, R.W. Adaption of Restorative Materials as Influenced by Roughness of Cavity Walls. J.dent.Res. 39,825,1960.

41. MERK, H.: Beitrag zur Problematik des Randspaltes bei Amalgamfüllungen. Dtsch.Zahnärztebl. 16,362,1961.

42. MOOTZ, K.L. Med. Diss. Marburg, in Vorbereitung.

43. MORTENSEN, D.W./ BOUCHER, N.E./ RYGE, G. — A Methode of Testing for Marginal Leakage of Dental Restorations with Bacteria. J.dent.Res. 44,58,1965.

44. MOTSCH, A. — Die Goldhämmerfüllung - heute! Dtsch.Zahnärztebl. 16,613,1962.

45. MOTT, B.W. — Die Mikrohärteprüfung. Stuttgart 1957.

46. NEUMANN, P. — Klinische Untersuchungen über die Reduktion der Zahnkaries bei Erwachsenen nach ein- und zweimaliger Touchierung mit Fluoridlackkombination von neutralem pH-Wert. Med.Diss., Marburg 1967.

47. OBST, S. — Ritzhärteprüfung an Amalgamen unter besonderer Berücksichtigung der praktischen Verarbeitung. Med.Diss., Göttingen 1953.

48. ONITSCH, E.M. — Über die Mikrohärte der Metalle. Mikroskopie 2,131,1947.

49. PERLICK, B. — Die Abhängigkeit der Spaltbildung von der Stopftechnik bei Füllungsamalgamen; Untersuchungen mit einer neuen Kontrollmethode. Med.Diss., Marburg 1959.

50. PHILLIPS, R.W./ GILMORE, H.W./ SWARTZ, M.L./ SCHENKER, S.J. — Adaption of Restorations in Vivo as Assessed by Ca^{45}. J.Amer.dent.Ass. 62,9,1961.

51. PORT/EULER, H. — Lehrbuch der Zahnheilkunde. München 1951.

52. RIETHE, P. — Praktische Hinweise zur Verarbeitung des Amalgams. Zahnärztl.Mitt. 56,1013,1966.

53. ROST, A. — Untersuchungen über Randschluß und Härte der Goldstopffüllungen. Dtsch.zahnärztl. Z. 18,1376,1963.

54. ROST, A. — Die retrograde Wurzelfüllung mit Stopfgold. Dtsch.zahnärztl.Z. 20,285,1965.

55. RÜHLE, C. — Die Prüfung des Randschlusses vermittels kolloidaler Farbstoffe. Dtsch.Mschr.Zahnheilk. 40,152,1922.

56. RYGE, G. — Dental Amalgam. Dent.Clin.North America, March, 185, 1965.

57. SCHAUMLÖFFEL, E./ PANTKE, H./ GRAUL, E.H. — Zur Bestimmung von ^{32}P-Aktivität mit Hilfe der Cerenkov-Strahlung bei quantitativen Untersuchungen über das Eindringen von Phosphat-Ionen in das Dentin. Dtsch.zahnärztl.Z. 22,675,1967.

58. SELTZER, S. — The Penetration of Microorganisms between the Tooth and Direct Resin Filling. J.Amer.dent.Ass. 51,560,1955.

59. TAYLOR, J.B./ STOWELL, E.C./ MURPHY, J.F./ WAINWRIGHT, W.W. — Microleakage of Gold-Foil Fillings. J.dent.Res. 38,749,1959 (abstr.).

60. TRAIL, J.S./ SAUSEN, R.E. — Investigation of Cavity Sealing Properties of Zinc-Phosphate Cement. J.dent.Res. 41,525,1962.

61. VITOVEC, F.H./ BINDER, H.E. — Zit. n. BOERMA, U. (1963).

62. WAINWRIGHT, W.W./ STOWELL, E.C./ TAYLOR, J.B. — Microleakage of in Vitro Amalgam Fillings to J^{131}-Labeled Human Serum Albumin and NaJ^{131}. J.dent.Res. 38,749,1959 (abstr.).

63. WALKHOFF, O./ HESS, W. — Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde. Leipzig 1954.

64. WEIKART, P. — Das Volumenverhalten von Amalgamen in Abhängigkeit von der Stopftechnik. Zahnärztl.Prax. 6,5,1955.

65. WEIKART, P. — Die Oberfläche von Metallen und Abhängigkeit von der Bearbeitung. Dtsch.zahnärztl.Z. 15,549,1960.

66. WITZEL, A. — Zit. n. FISCHER, M. (1949).

Ganz besonders bedanken möchte ich mich bei

Herrn Prof. Dr. med. dent. H. Pantke für die Überlassung des Themas und die stets hilfreich gegebenen Ratschläge und Anregungen sowie bei

Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. dent. H. Heuser für die Übernahme des Korreferats.

Mein Dank gilt außerdem

der Firma Degussa, Zweigstelle Pforzheim, die mir freundlicherweise die zu meinen Versuchen benötigten Goldmaterialien leihweise zur Verfügung stellte und mir gestattete, Vorversuche in ihrem Labor durchzuführen,

Herrn Prof. P. Ihm und Herrn Dr. med. dent. H.F.M. Schmidt für ihre Hinweise zur statistischen Auswertung der Untersuchungsergebnisse und

Herrn Prof. Dr. Mosebach für die Überlassung eines Arbeitsplatzes nebst Geräten im Mineralogisch-Petrologischen Institut/Gießen.

L e b e n s l a u f

Am 17. 7. 1940 wurde ich als Tochter des Regierungsrates Dr. Rudolf Matz (gefallen 1944) und der Zahntechnikerin und späteren Zahnärztin Maria Matz, geborene Soos, in Bratislava/CSR geboren.

Nach vierjähriger Grundschulausbildung in Frankfurt a.M. besuchte ich zunächst für ein Jahr das Internat der Anna-Schmid-Schule in Niedererlenbach bei Frankfurt und anschließend die Elisabethenschule in Frankfurt, an der ich als Schülerin des mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweiges am 4. 3. 1960 die Reifeprüfung ablegte.

Mit dem Studium der Zahnheilkunde begann ich im Sommersemester 1960 an der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt und bestand am 22. 10. 1962 die zahnärztliche Vorprüfung. Nach dem ersten klinischen Semester an der Albert-Ludwigs-Universität in Freiburg i. Br. setzte ich mein Studium an der Philipps-Universität in Marburg a. d. Lahn fort und beendete es mit Ablegung der zahnärztlichen Prüfung am 31. 7. 1965. Die Bestallung als Zahnärztin wurde mir am 23. 8. 1965 erteilt.

Seit dem 3. 8. 1965 bin ich verheiratet. Am 17. 1. 1966 trat ich eine Stelle als Zahnärztin bei der US Army Dental Clinic in Gießen an, wo ich z. Zt. noch tätig bin.

Meine akademischen Lehrer waren die Damen und Herren Professoren und Dozenten:

An der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt am Main

Artelt, Czerny, Dänzer, Frick, v. Giersberg, Greven, Heinz, Hübener, Kuck, Kummer, Müser, Ortmann, Ried, Royen, Schmitt-Neuroth, Schneider, Schroeder, Stark, Wezler, Wieland, Zahn.

An der Albert-Ludwigs-Universität in Freiburg i. Br.

Büchner, Eschler, Körber, Koslowski, Motsch, Rehm, Schilli, Schreiber, Schubothe, Wöhler.

An der Philipps-Universität in Marburg a. d. Lahn

Braun-Falco, Dölle, Gedigk, Hennis, Hering, Heuser, Hornung, Janke, Korb, Kottmeyer, Löhr, Mann, Marx, Maurath, Pantke, Pfütz, Schiff, Schmid, Siegert, Siess.